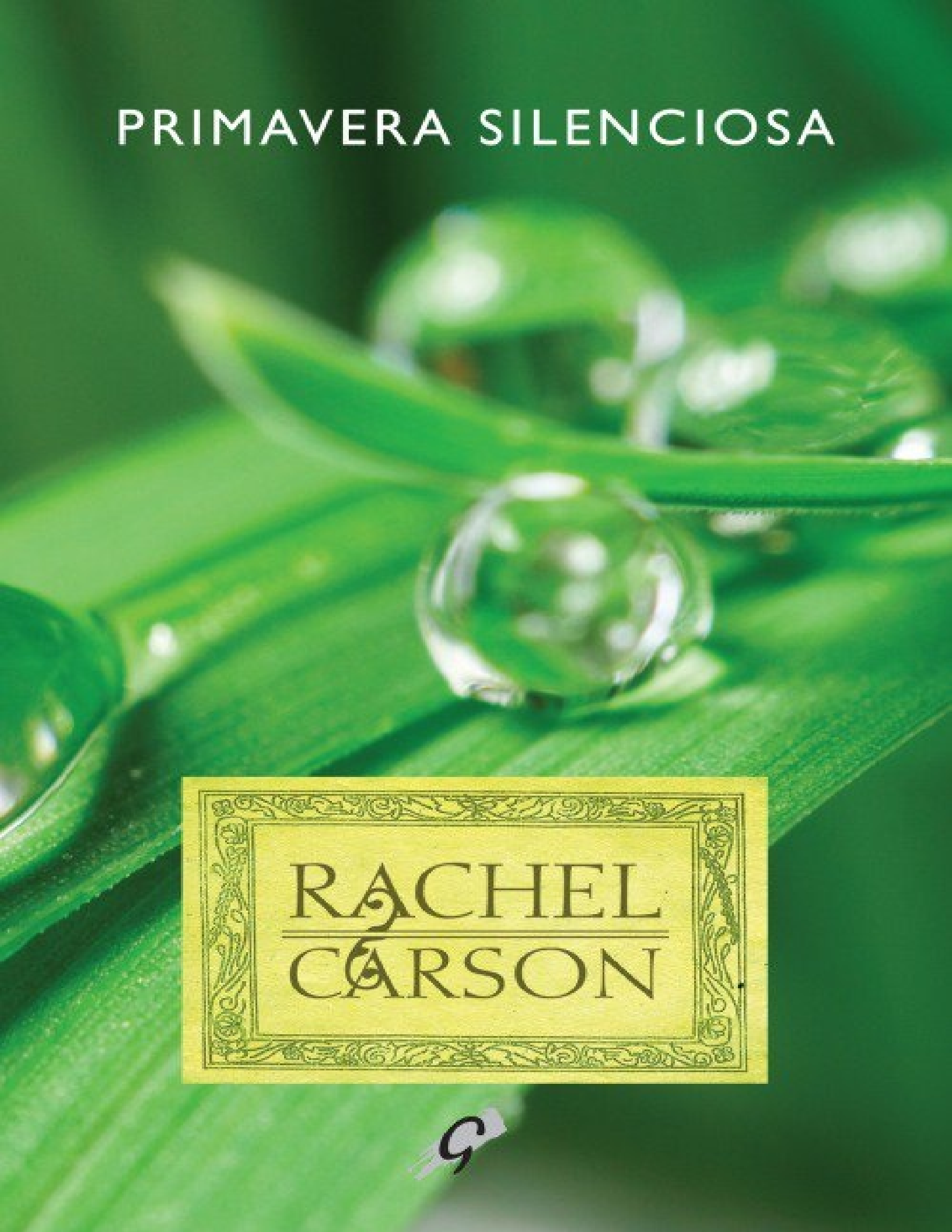
PRIMAVERA SILENCIOSA



RACHEL CARSON

Annotation

El siglo XX nos ha dejado numerosos legados. Uno de ellos, que se manifiesta como preocupación, es el interés por el medio ambiente, que en nuestro planeta se encuentra, como es patente, notablemente deteriorado debido al desarrollo industrial al aumento poblacional. La consecuencia de esta situación es tal, que se puede decir sin exageración que la conversación del medio ambiente se ha convertido en uno de los grandes temas de nuestro tiempo. Son muchos los que han colaborado en que esa consciencia se haya convertido en un movimiento mundial, pero si hay que señalar un momento decisivo ese sería 1962, el año en que la zoóloga estadounidense Rachel L. Carson publicó el libro Silent Sprint (Primavera silenciosa), en el que efectuaba una de las más poderosas y conmovedoras denuncias de los efectos nocivos que para la naturaleza tenía el empleo masivo de productos químicos.

-
- Agradecimientos
- Nota de la autora
- 1. Fábula para el día de mañana
- 2. La necesidad de sostenerse
- 3. Elixires de muerte
- 4. Aguas de superficie y mares subterráneos
- 5. Los dominios del mantillo
- 6. El manto verde de la tierra
- 7. Destrucción innecesaria
- 8. Y ningún pájaro canta
- 9. Ríos de muerte
- 10. Sin discriminación desde los cielos
- 11. Más allá de los sueños de los Borgia
- 12. El precio humano
- 13. A través de una estrecha ventana
- 14. Uno de cada cuatro
- 15. La naturaleza se defiende
- 16. El estruendo de un alud
- 17. El otro camino
- Apéndice

- LISTA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE INFORMACIÓN

SILENT SPRING

RACHEL CARSON

Introduction by Linda Lear

Afterword by Edward O. Wilson



MARINER BOOKS
HOUGHTON MIFFLIN HARCOURT
Boston New York

Rachel L.Carson

Primavera silenciosa

A Albert Schweitzer
que dijo:

El hombre ha perdido su capacidad
de prever y de aprovisionarse.
Terminará por destruir la tierra.

Los juncos se han marchitado en el lago, y ningún pájaro canta.
KEATS

Soy pesimista respecto al género humano porque es demasiado ingenioso para su propio bien. Nuestra aproximación a la naturaleza consiste en derrotarla hasta la sumisión. Nosotros encontraríamos mejor oportunidad de sobrevivir si nos acomodáramos a este planeta y lo considerásemos con aprecio en vez de escéptica y dictatorialmente.
E. B. WHITE

Agradecimientos

En una carta escrita en enero de 1958, Olga Owens Huckins me contó su propia y amarga experiencia acerca de un pequeño mundo construido sin vida, y aguzó así de nuevo mi atención hacia un problema que me había preocupado durante mucho tiempo. Entonces me di cuenta de que debía escribir este libro.

Desde entonces y durante años he recibido ayuda y estímulo por parte de tanta gente que no me es posible nombrarlos a todos aquí. Los que han compartido libremente conmigo los frutos de muchos años de experiencia y estudio representan una amplia variedad de Agencias gubernamentales en ésta y en otras naciones, diversas Universidades e Institutos de investigación y numerosos profesionales. A todos expreso mi más profunda gratitud por el tiempo y las ideas tan generosamente prestados.

Además, mi reconocimiento especial se dirige a aquellos que dedicaron horas a leer partes del manuscrito y a ofrecerme comentarios y críticas basadas en sus propios y expertos conocimientos. Aunque en definitiva la responsabilidad por la exactitud y validez del texto es mía, no podría haber completado el libro sin la generosa ayuda de estos especialistas: L. G. Bartholomew, M. D., de la Clínica Mayo; John J. Biesele de la Universidad de Texas; A. W. A. Brown de la Universidad de Western Ontario; Morton S. Biskind, M. D., de Westport, Connecticut; C. J. Briéjer del Servicio de Protección de Vegetales de Holanda; Clarence Cottam de la Fundación Rob y Bessie Welder Wildlife; George Crile Jr., M. D., de la Clínica de Cleveland; Frank Egler de Norfolk, Connecticut; Malcolm M. Hargraves, M. D., de la Clínica Mayo; W. C. Hueper, M. D., del Instituto Nacional del Cáncer;

C. J. Kerswill del Consejo de Investigaciones Pesqueras del Canadá; Olaus Murie de la Wilderness Society; A. D. Pickett del Departamento de Agricultura del Canadá; Thomas G. Scott de la Inspección de Historia Natural de Illinois; Clarence Tarzwell, del Centro Taft Sanitary Engineering y George J. Wallace de la Universidad del Estado de Michigan.

Todo el que ha escrito un libro basado en multitud de hechos diversos debe mucho a la sagacidad y ayuda de los bibliotecarios. Yo tengo tal deuda con muchos, pero especialmente con Ida K. Johnston, de la Biblioteca del Departamento del Interior, y con Thelma Robinson, de la Biblioteca del Instituto Nacional de la Salud.

En cuanto a mi editor, Paul Brooks, me ha prestado adicto estímulo a través

de años y ha acomodado con alegría sus planes a transposiciones y aplazamientos. Por esto y por su sagaz visión editora, le guardo gratitud imperecedera.

He obtenido inteligente y devota ayuda en la enorme tarea de investigación en bibliotecas por parte de Dorothy Algire, Jeanne Davis y Bette Haney Duff. Y no me habría sido posible completar mi tarea, bajo circunstancias difíciles a veces, sin el fiel apoyo de mi ama de llaves, Ida Sprow.

Finalmente, debo reconocer, entre mi extensa deuda, la que tengo con una multitud de personas, muchas de las cuales me son personalmente desconocidas, quienes, sin embargo, han hecho que la redacción de este libro parezca útil. Se trata de gente que primero habló contra el temerario e irresponsable envenenamiento del mundo que el hombre comparte con todas las demás criaturas y que ahora incluso están sosteniendo millares de pequeñas batallas que al final proporcionarán la victoria a la salud y al sentido común en nuestro acomodo al mundo que nos rodea.

Rachel Carson

Nota de la autora

No he querido recargar este texto con notas o llamadas, pero comprendo que muchos de mis lectores desearán localizar algunos de los temas discutidos en él. Por consiguiente, he incluido una lista de mis principales fuentes de información, organizada por capítulos y páginas, en un apéndice que se encontrará al final del libro.

R. C.

1. Fábula para el día de mañana



Había una vez una ciudad en el corazón de Norteamérica donde toda existencia parecía vivir en armonía con lo que la rodeaba. La ciudad estaba enclavada en el centro de un tablero de ajedrez de prósperas granjas, con campos de cereales y huertos donde, en primavera, blancas nubes de flores sobresalían por encima de los verdes campos. En otoño, las encinas, los arces y los abedules, ponían el incendio de sus colores que flameaban y titilaban a través de un fondo de pinares. Entonces, los zorros ladraban en las colinas y los ciervos cruzaban silenciosamente los campos, medio ocultos por las nieblas de las mañanas otoñales.

A lo largo de las carreteras, el laurel, el viburno y el alder, los grandes helechos y las flores silvestres deleitaban el ojo del viajero la mayor parte del año. Incluso en invierno, los bordes de los caminos eran lugares de gran belleza, donde incontables pájaros acudían a comerse las moras y las bayas, y en los

sembrados, el rastrojo sobresalía de entre la nieve. La comarca era famosa por la abundancia y variedad de sus pájaros y cuando la riada de las aves migratorias se derramaba sobre ella en primavera y en otoño, la gente llegaba desde grandes distancias para contemplarla. Otros iban a pescar en los arroyos que fluían, claros y fríos, de las montañas y que ofrecían sombreados remansos en que nadaba la trucha. Así sucedió en remotos días, hace muchos años, cuando los primeros habitantes edificaron sus casas, cavaron sus pozos y construyeron sus graneros.

Entonces un extraño agostamiento se extendió por la comarca y todo empezó a cambiar. Algún maleficio se había adueñado del lugar; misteriosas enfermedades destruyeron las aves de corral; los ovinos y las cabras enflaquecieron y murieron. Por todas partes se extendió una sombra de muerte. Los campesinos hablaron de muchos males que aquejaban a sus familias. En la ciudad, los médicos se encontraron más y más confusos por nuevas clases de afecciones que aparecían entre sus pacientes. Hubo muchas muertes repentinas e inexplicables, no sólo entre los adultos, sino incluso entre los niños que, de pronto, eran atacados por el mal mientras jugaban, y morían a las pocas horas.

Se produjo una extraña quietud. Los pájaros, por ejemplo... ¿dónde se habían ido? Mucha gente hablaba de ellos, confusa y preocupada. Los corrales estaban vacíos. Las pocas aves que se veían se hallaban moribundas: temblaban violentamente y no podían volar. Era una primavera sin voces. En las madrugadas que antaño fueron perturbadas por el coro de gorriones, golondrinas, palomos, arrendajos, y petirrojos y otra multitud de gorjeos, no se percibía un solo rumor; sólo el silencio se extendía sobre los campos, los bosques y las marismas.

En las granjas, las gallinas empollaban, pero ningún polluelo salía de los cascarones. Los campesinos se quejaban de que no conseguían criar ningún cerdo... las crías eran pequeñas y sobrevivían solo unos cuantos días. Los manzanos echaban flor, pero ninguna abeja zumbaba entre las ramas, por consiguiente no había traslado de polen y no se conseguía fruto.

El borde de los caminos, tan atractivo tiempo atrás, estaba ahora cubierto de vegetación ennegrecida y reseca, como consumida por el fuego. Aquéllos también se hallaban silenciosos y desiertos de toda criatura viviente. Incluso los riachuelos se veían sin vida. Los pescadores ya no los visitaban, porque todos los peces habían muerto.

En los huecos, sobre los aleros y entre las rocas, un polvo blanco y granuloso mostraba aún algunas manchas; pocas semanas antes había caído como nieve sobre los campos, la tierra, las rocas y los arroyos.

Ninguna brujería ni acción del enemigo había silenciado el rebrotar de

nueva vida en el agostado mundo. Era la gente quien lo había hecho por sí misma.

Esta ciudad no existe verdaderamente, pero podría haber tenido miles de duplicados en Norteamérica o en cualquier otro sitio del mundo. No conozco ninguna comunidad que haya sufrido todas las desgracias que he descrito. Pero cada uno de esos desastres ha ocurrido de verdad dondequiera, y muchas colectividades han experimentado buen número de ellos. Un ceñudo espectro se ha deslizado entre nosotros casi sin notarse, y esta imaginaria tragedia podría fácilmente convertirse en completa realidad que todos nosotros conoceríamos.

¿Qué es lo que ha silenciado las voces de la primavera en incontables ciudades de Norteamérica? Este libro trata de explicarlo.

2. La necesidad de sostenerse



La historia de la vida en la tierra ha sido un proceso de interacción entre las cosas vivas y lo que las rodea. En amplia extensión, la forma física y los hábitos de la vegetación terrestre, tanto como su vida animal, han sido moldeadas por el medio. Considerando la totalidad del avance de las etapas terrestres, el efecto contrario, en el que la vida modifica verdaderamente lo que la rodea, ha sido relativamente ligero. Sólo dentro del espacio de tiempo representado por el

presente siglo una especie —el hombre— ha adquirido significativo poder para alterar la naturaleza de su mundo.

Durante el último cuarto de siglo, este poder no sólo ha sido incrementado hasta una inquietante magnitud, sino que ha cambiado en características. El más alarmante de todos los atentados del hombre contra su circunstancia, es la contaminación del aire, la tierra, los ríos y el mar con peligrosas y hasta letales materias. Esta polución es en su mayor parte irreparable; la cadena de males que inicia, no sólo en el mundo que debe soportar la vida, sino en los tejidos vivos, en su mayor parte es irrecuperable. En esta contaminación, ahora universal, del medio ambiente, la química es la siniestra y poco conocida participante de la radiación en el cambio de la verdadera naturaleza del mundo... la verdadera naturaleza de su vida. El estroncio 90, liberado en el aire por las explosiones nucleares, llega a la tierra con la lluvia o cae por sí solo, se aloja en el suelo, se mete en la hierba o en la cebada o en el trigo que crecen allí y de vez en cuando se introduce en los huesos del ser humano, donde permanece hasta su muerte.

De igual modo, los productos químicos se diseminan por los sembrados, o por los bosques, o por los jardines, se alojan durante largo tiempo en las cosechas y penetran en los organismos vivos, pasando de uno a otro en una cadena de envenenamiento y de muerte. O se infiltran misteriosamente por los arroyos subterráneos hasta que emergen mediante la alquimia del aire y el sol, se combinan en nuevas formas que matan la vegetación, enferman al ganado y realizan un desconocido ataque en aquellos que beben de los antaño puros manantiales. Como dijo Albert Schweitzer: «El hombre difícilmente puede reconocer los daños de su propia obra».

Se han necesitado millones de años para engendrar la actual vida terrestre; eras durante las cuales este desenvolver y envolver y diversificar la vida alcanzó un estado de ajuste y equilibrio con su medio ambiente. Y este medio ambiente, que trasformaba y gobernaba esa vida, llevaba en sí elementos que eran tan hostiles como protectores. Ciertas rocas producían radiaciones peligrosas; incluso la luz solar, de la que toda existencia recoge su energía, contenía radiaciones de onda corta con poder dañino. Con el tiempo —tiempo no en años, sino en milenios— se ha alcanzado el equilibrio y el ajuste vitales. Porque el tiempo es el ingrediente esencial; pero en el mundo moderno no hay tiempo.

La rapidez, la velocidad con la que se crean nuevas situaciones y cambios siguen al impetuoso y descuidado paso del hombre más que a la deliberada marcha de la naturaleza. La radiactividad ya no es meramente el producto de la emanación de las rocas, el bombardeo de rayos cósmicos o la luz ultravioleta del sol, que han existido antes de que hubiera cualquier forma de vida en la tierra; la radiactividad es ahora la antinatural consecuencia del entremetimiento del

hombre en el átomo. La química, a la que la vida tiene que adaptarse, ya no se reduce a ser sencillamente el calcio y el sílice y el cobre y los demás minerales arrancados a las rocas por las aguas y arrastrados al mar por los ríos; es la creación sintética de la inventiva humana, obtenida en los laboratorios y sin contrapartida en la naturaleza.

El ajustarse a esta química requeriría tiempo en la escala de la naturaleza; 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 los nuevos productos salen de los laboratorios como un río sin fin. Casi quinientos anuales se ponen en uso práctico sólo en Estados Unidos. La cifra hace vacilar y sus implicaciones son difícilmente comprensibles... 500 nuevos productos químicos a los cuales el cuerpo del hombre y el de los animales necesitan adaptarse de algún modo cada año; productos totalmente fuera de los límites del experimento biológico.

Entre ellos figuran muchos que se emplean en la guerra del hombre contra la naturaleza. Desde mediados de 1940 se han creado unos 200 productos para matar insectos, destruir malezas, roedores y otros organismos calificados en el lenguaje moderno de «plagas», y que son vendidos bajo varios miles de nombres y acepciones distintas.

Esos polvos, pulverizaciones y riegos se aplican casi universalmente en granjas, jardines, bosques y hogares...; productos sin seleccionar que tienen poder para matar todo insecto, el «bueno» y el «malo», para acallar el canto de los pájaros y para inmovilizar a los peces en los ríos, para revestir las hojas de una mortal película y para vaciar el terreno... aunque el pretendido blanco sean tan sólo unas cuantas malezas o insectos. ¿Puede alguien creer posible que se extienda semejante mezcolanza de venenos sobre la superficie de la tierra sin que resulten inadecuados para todo ser viviente? No deberían llamarse «insecticidas», sino «biocidas».

El total proceso de su aplicación parece cogido en una espiral infinita. Desde que el DDT fue difundido para uso corriente, se puso en marcha un conjunto de fases sucesivas en las que pueden hallarse elementos cada vez más tóxicos. Esto ha sucedido así porque los insectos, en triunfante reivindicación de la teoría de Darwin acerca de la supervivencia por adaptación, han producido razas superiores inmunes a los insecticidas especiales, de ahí que tengan que emplearse otros más mortíferos... y después otros y otros. Y ha sucedido así también, porque, por razones que se explican después, los insectos nocivos consiguen con frecuencia una «expansión» o resurgimiento, después de la rociadura, en número mayor que antes. De este modo la guerra química nunca se gana y toda vida resulta captada en su violenta contradicción.

Parejo con la posibilidad de la extinción de la especie humana por la guerra atómica, el problema central de nuestra época se presenta por consiguiente con la contaminación del medio ambiente total del hombre por medio de tales sustancias de increíble potencia dañina, sustancias que, acumuladas en los tejidos de plantas y animales e incluso penetrando en las células germinales, pueden alterar o destruir los mismos gérmenes hereditarios de los que depende el porvenir de la especie.

Algunos podrán ser arquitectos de nuestro futuro dirigiendo la mirada hacia una época en que será posible alterar de propósito el germen humano. Pero ahora podría hacerse así por inadvertencia, por exceso de química, como las radiaciones, proporcionándonos transformaciones genéticas. Es una ironía pensar que el hombre pueda determinar su propio futuro mediante algo tan aparentemente trivial como la elección de una pulverización insecticida.

Se corre este riesgo... ¿por qué? Los historiadores futuros quizá no comprendan nuestro desviado sentido de la proporción. ¿Cómo pueden los seres inteligentes tratar de dominar unas cuantas especies molestas por un método que contamine todo lo que les rodea y les atraiga la amenaza de un mal e incluso de la muerte de su propia especie? Y sin embargo, esto es precisamente lo que hemos hecho. Lo hemos hecho, no obstante, por razones que se derrumban en cuanto las examinamos. Nos han dicho que el enorme uso 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 disminuir terrenos de producción y para pagar a los agricultores que «no» producen, han rendido tan asombroso exceso de cosechas, que el contribuyente norteamericano pagó en 1962 más de un millar de millones de dólares para sostener el costo del programa de almacenaje del excedente de alimentos. Y la situación se sostiene cuando una rama del Departamento de Agricultura trata de reducir la producción mientras en otros Estados, como se hizo en 1958, «se cree generalmente que la reducción de hectáreas de cultivo, bajo la dirección del Banco Agrícola, estimulará el interés por el uso de productos químicos para obtener la máxima producción de la tierra dedicada a siembra.»

Todo esto viene a colación para decir que no hay problema con los insectos ni necesidad de vigilancia. Yo opino más bien, que la vigilancia debe adaptarse a la realidad, 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 solución se busca ha traído a tal vía de desastre en su agitación que representa digno acompañamiento a nuestro moderno sistema de vida. Mucho antes de la era en que apareció el hombre, los insectos habitaban la

tierra: un grupo de seres extraordinariamente variado y adaptable a cualquier circunstancia. En el curso del tiempo, desde el advenimiento del hombre, un pequeño porcentaje de más de medio millón de especies de insectos, entraron en conflicto con el género humano de dos maneras principales: como competidores de los productos alimenticios y como portadores de enfermedades.

Los insectos productores de males en el ser humano se convierten en importantes cuando las muchedumbres se agolpan, especialmente en condiciones de bajo nivel de salubridad como en tiempo del natural desastre de la guerra o en situaciones de extrema miseria y depauperación. Entonces la represión de algunos grupos se hace necesaria. Sin embargo, es un hecho palpable, como dentro de poco veremos, que el método de represión química en forma masiva tiene sólo éxito limitado y que también amenaza con empeorar las verdaderas condiciones que se intentan resolver.

Bajo condiciones de agricultura primaria, el campesino tiene pocos problemas de insectos. Éstos crecen con la intensificación de los cultivos: entrega de inmensas extensiones de terreno a una sola cosecha. Este sistema prepara los peldaños para la reproducción masiva de colonias de insectos específicos. Los cultivadores de una sola clase de producto no se lucran de los principios por medio de los cuales trabaja la naturaleza; se trata de una agricultura como puede concebirla un ingeniero. La naturaleza ha introducido gran variedad en el paisaje, pero el hombre ha desplegado verdadera pasión por simplificarlo. De este modo deshace el edificio de divisiones y de equilibrio en el que la naturaleza contiene en sus límites a las especies. Una división natural importante es la de la reducción hasta el número deseable de cada especie. Es obvio, por consiguiente, que el insecto que vive en el trigo pueda elevar su colonia a niveles muy superiores en una granja dedicada a trigales que en una en la que el trigo se alterna con otros cultivos a los que el insecto no está adaptado.

Lo mismo sucede en otros casos. 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 esperanzadamente se ve amenazada de la más completa destrucción, pues la enfermedad se abate sobre esos árboles, extendida por un coleóptero que hubiera tenido sólo limitada oportunidad de reproducirse en gran escala si los olmos hubieran sido árboles diseminados en un plantío de variedades diversas.

Otro factor en el moderno problema de los insectos es uno que debe ser enfocado contra el panorama de la historia humana y geológica: el despliegue de millares de diferentes clases de organismos desde sus puntos de nacimiento para invadir nuevos territorios. Esta migración por el ancho mundo ha sido estudiada y descrita gráficamente por el ecólogo británico Charles Elton en su reciente

libro «La ecología de las invasiones». Durante el período Cretáceo, hace varios cientos de millones de años, los mares cortaron muchos puentes entre continentes y los seres vivos se encontraron confinados en lo que Elton llama «colosales reservas de naturalezas separadas». Allí, aislados de otros de su especie, desarrollaron muchas otras variedades. Cuando algunos procedentes de los macizos terrestres volvieron a unírseles, hace unos 15 millones de años, estas variedades empezaron a trasladarse a nuevos territorios en un movimiento que no sólo está aún en progresión, sino que ahora recibe considerable ayuda por parte del hombre.

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

En nuevo territorio, fuera del alcance de la mano moderadora de sus naturales adversarios que mantienen en inferioridad su número en tierra nativa, una planta o un animal invasores son capaces de convertirse en tremendamente abundantes. Así pues, no es por accidente por lo que nuestros más perturbadores insectos han introducido sus variedades.

Estas invasiones, tanto las producidas naturalmente como las debidas a la ayuda humana, tienen aspecto de continuar indefinidamente. La cuarentena y las campañas químicas masivas son sólo maneras carísimas de perder tiempo. Según el doctor Elton estamos enfrentados «con una necesidad a vida o muerte no sólo de encontrar nuevos métodos técnicos de supresión de esta planta o de aquel animal»: sino que necesitamos el conocimiento básico de la población animal y sus relaciones con el medio ambiente, lo que «proporcionará el equilibrio y reducirá el explosivo poder de las erupciones y de nuevas invasiones».

Gran parte del conocimiento necesario es ya valioso, pero no se hace uso de él. Instruimos a ecólogos en nuestras Universidades, e incluso los empleamos en oficinas 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 más, que podrían ser pronto halladas si se trabajase en tal sentido.

¿Hemos caído en un estado de mesmerismo que nos hace aceptar como inevitable lo inferior o perjudicial, como si hubiéramos perdido la voluntad o la visión de demanda de lo bueno? Tales pensamientos, según las palabras del

ecólogo Paul Shepard, «idealizan 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 medio ambiente... ¿Por qué hemos de tolerar una dieta de venenos Aojos, un hogar con insípidos alrededores, un círculo de relaciones que no son por completo nuestras enemigas, el ruido de motores con sólo la suficiente disminución para impedirnos la locura? ¿Quién puede querer vivir en un mundo que únicamente no es del todo fatal?»

Y sin embargo tal clase de mundo está gravitando sobre nosotros. 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 «oficinas de control». De cualquier modo es evidente que los que están comprometidos en operaciones de pulverización ejercen un poder verdaderamente cruel. «Los entomólogos reguladores... funcionan como perseguidores, jueces y jurados, asesores de impuestos y recaudadores y jefes de policía para reforzar sus propias órdenes», dice el entomólogo de Connecticut, Neely Turner. Los más flagrantes abusos no hallan represión tanto en las oficinas federales como en las del Estado.

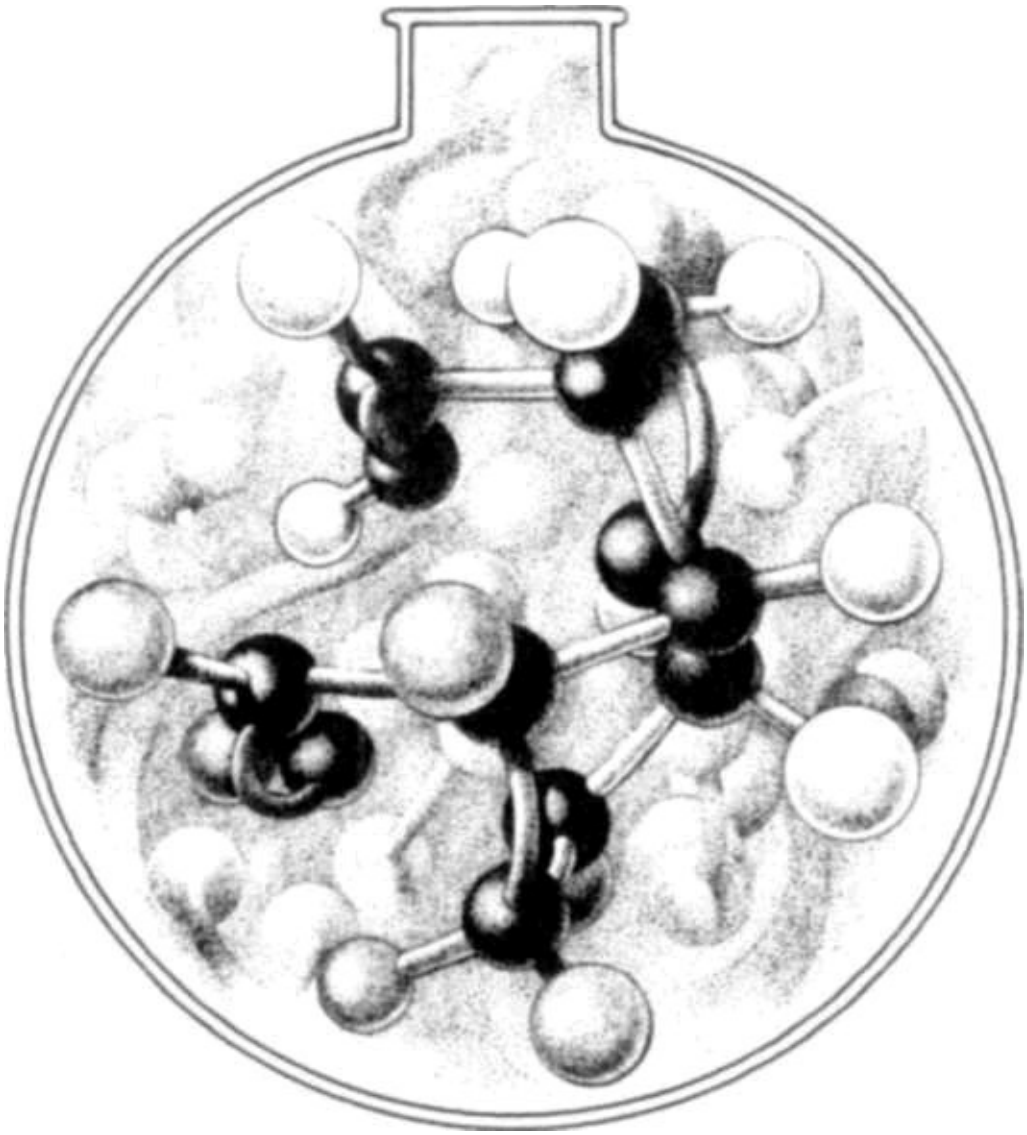
No es mi propósito que los insecticidas químicos deban ser descartados siempre. Con lo que estoy en contra es con haber puesto potentes productos químicos ponzoñosos, sin discriminación, en manos de personas total o casi completamente ignorantes de su poder dañino. Hemos subordinado enormes cantidades de personas al contacto con tales venenos, sin su consentimiento y, con frecuencia, sin su conocimiento. Si la Carta de Derechos no contiene garantía de que un ciudadano será protegido contra substancias letales distribuidas bien por personas particulares o bien por empleados públicos, es seguramente porque nuestros antepasados, a pesar de su considerable sabiduría y previsión, no podían concebir semejante problema.

Estoy en contra, asimismo, de que se permita que esos productos químicos sean usados con poca o ninguna investigación previa de sus efectos en las cosechas, en el agua, en la vida animal y en el propio hombre. Las generaciones futuras difícilmente perdonarán nuestra falta de preocupación por la integridad del mundo natural que sostiene toda vida.

Poseemos todavía un conocimiento muy escaso del alcance de tal amenaza. Estamos en una era de especialistas; cada cual considera su propio problema e ignora o no transige con el engranaje en el que está ubicado. Es, asimismo, una era dominada por la industria que se arroga el derecho de conseguir un dólar a cualquier precio. Cuando el público protesta, enfrentado con alguna clara evidencia de los estragos resultantes de las aplicaciones plaguicidas, se le suministran píldoras tranquilizantes de medias verdades. ¡Necesitamos

urgentemente que se ponga fin a tan falsas seguridades, al caramelo que envuelve hechos impaladeables! Es al público a quien se debe pedir que asuma los riesgos que comportan los insecticidas. El público debe decidir si desea continuar por el actual camino, y sólo puede decidirlo cuando esté en plena posesión de los hechos. Con palabras de Jean Rostand: «la obligación de sufrir nos da el derecho de conocer».

3. Elixires de muerte



Por primera vez en la historia del mundo, todo ser humano está ahora sujeto al contacto con peligrosos productos químicos, desde su nacimiento hasta su muerte. En menos de dos décadas de uso, los plaguicidas sintéticos han sido tan ampliamente distribuidos a través del mundo animado e inanimado, que se encuentran virtualmente por todas partes. Se han hallado residuos de esos productos en la mayoría de los sistemas fluviales importantes e incluso en corrientes subterráneas que fluyen desconocidas a lo largo de la tierra; en la tierra, donde pueden haber sido aplicados una docena de años antes; en el cuerpo de pescados, pájaros, reptiles y animales salvajes y domésticos, hasta el punto de

que los hombres de ciencia que efectúan experimentos animales han encontrado casi imposible localizar a seres libros de tal contaminación. Han sido hallados en peces de lagos situados en montañas remotas, en lombrices de tierra recogidas en sembrados, en huevos de pájaros... y en el propio hombre. Porque tales productos químicos están ahora almacenados en el cuerpo de la mayoría de los humanos, sin discriminación de edades. 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 de la súbita aparición y del prodigioso crecimiento de una industria de fabricación de materias sintéticas con propiedades insecticidas. Esta industria es hija de la segunda guerra mundial. En el curso del desarrollo de agentes químicos para la guerra, algunas de las materias fueron descubiertas como letales para los insectos. El hallazgo no se produjo por casualidad: los insectos fueron ampliamente usados para probar los productos químicos mortales al hombre.

El resultado fue un, al parecer, interminable río de insecticidas sintéticos. Al ser elaborados por el hombre —por medio de prácticas ingeniosas de laboratorio consistentes en manipulación de moléculas, sustitución de átomos y alteración de sus composiciones— difieren completamente de los insecticidas inorgánicos más simples de antes de la guerra. Éstos eran derivados de productos presentados naturalmente en minerales y en plantas: compuestos de arsénico, cobre, plomo, manganeso, zinc y otros minerales: pelitre de las flores secas de una planta compuesta; sulfato de nicotina de algunos derivados del tabaco, y roteno, de plantas leguminosas de las Indias Orientales.

Lo que sitúa aparte a los nuevos insecticidas sintéticos es su enorme potencia biológica. El hecho de que tengan inmenso poder, no solamente para envenenar, sino para introducirse en los más vitales procesos del organismo y desviarlos por una vía siniestra y con frecuencia mortal. Así, como veremos después, destruyen los mismos enzimas cuya función es proteger el cuerpo contra los daños, bloquean los procesos de oxidación de los cuales recibe energía el organismo, impiden el normal funcionamiento de varios órganos e inician en ciertas células el lento e irreversible cambio que conduce a la destrucción.

Sin embargo, nuevos y más perjudiciales productos se añaden cada año a la lista y se discurren nuevos usos, de forma que el contacto con tales materiales se ha convertido en prácticamente universal. La producción de plaguicidas sintéticos en Estados Unidos asciende de 124. 259.000 libras en 1947 a 637.666.000 en 1960, con un aumento del quíntuplo. El valor total de tales productos supera bastante el cuarto de billón 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 esos productos químicos —comiéndolos y bebiéndolos y absorbiéndolos en el auténtico tuétano de los huesos— mejor será que conozcamos algo acerca de su naturaleza y poder.

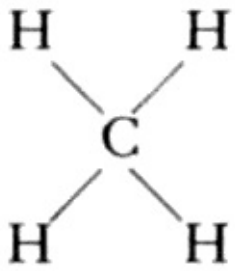
Aunque la segunda guerra mundial marcó la desaparición de los plaguicidas inorgánicos químicos y una introducción en el maravilloso mundo de las moléculas de carbono, algunos de los antiguos materiales subsisten. El primero entre todos ellos es el arsénico, todavía el ingrediente básico de una variedad de destructores de malezas e insectos. El arsénico es un mineral altamente tóxico que se presenta en extensa asociación con las gangas de varios metales y en muy pequeña proporción en los volcanes, en el mar y en el agua de los manantiales. Sus relaciones con el hombre son variadas e históricas. Como muchos de sus componentes no tienen sabor ha sido un agente favorito de crímenes, desde mucho antes del tiempo de los Borgia hasta la actualidad. El arsénico fue el primer reconocido elemento carcinógeno (o substancia provocadora del cáncer), identificado en el hollín de chimenea y enlazado con la nefasta enfermedad hace aproximadamente dos siglos por un médico inglés. Están registradas epidemias de envenenamiento crónico de arsénico que envolvían a la totalidad de las poblaciones durante largas épocas. La contaminación de ambientes por arsénico ha causado también enfermedades y muertes en caballos, vacas, cabras, cerdos, ciervos, peces y abejas; a pesar de tales antecedentes, el riego y pulverizaciones arsenicales son ampliamente usados. Las pulverizaciones de arsénico en los campos de algodón del Sur de Estados Unidos han casi desaparecido actualmente; los granjeros que usaron el arsénico en pulverizaciones durante largos períodos acabaron afectados de envenenamiento crónico; los ganados resultaban envenenados por los riegos de cosechas o por los destructores de malezas que contenían arsénico. El efectuar riegos de arsénico en tierras de bayas silvestres ha extendido el peligro por las granjas de la vecindad, contaminando arroyos, y envenenando fatalmente abejas y vacas y causando males a la humanidad... «Es difícilmente posible manejar sustancias arsenicales con más olímpico desprecio por la salud general de lo que se ha venido haciendo en nuestro país en años recientes», dijo el doctor W. C. Hueper, del Instituto Nacional del Cáncer, una autoridad en la materia. «Cualquiera que haya visto pulverizaciones y riegos con insecticidas arsenicales debe estar impresionado por la casi suprema indiferencia con que se emplean las venenosas sustancias.»

Los insecticidas modernos son todavía más mortíferos. La inmensa mayoría están comprendidos en uno de los dos grandes grupos de productos químicos. Uno, representado por el DDT, es conocido como el «hidrocarburo clorado». El otro grupo está compuesto por los insecticidas de fósforo orgánico y

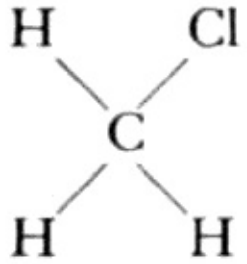
representado por los nombres, razonablemente familiares, de malatión y paratión. Todos ellos tienen una cosa en común. Como se dice más arriba, están edificados sobre una base de átomos de carbono, que son también los indispensables cimientos del mundo viviente, por lo que se clasifican como «orgánicos». Para comprenderlos, debemos ver de qué están hechos y cómo, aunque ligados con la química básica de todos los tiempos, tienden a modificaciones que los hacen agentes de la muerte.

El elemento básico, el carbono, está compuesto de átomos que tienen la casi infinita capacidad de formar unos con otros cadenas, anillos y varias otras configuraciones, y también de quedar unidos con átomos de otras sustancias. Realmente, la increíble diversidad de seres vivos, desde la bacteria hasta la gran ballena azul, se debe ampliamente a esta capacidad del carbono. La compleja molécula de la proteína tiene el átomo de carbono como base, igual que les pasa a las moléculas de la grasa, a los hidratos de carbono, a los enzimas y a las vitaminas. Y también lo poseen una inmensa cantidad de seres no vivientes, porque el carbono no es necesariamente un símbolo de vida.

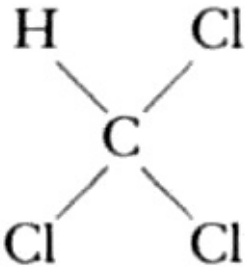
Algunos compuestos orgánicos son simples combinaciones de carbono e hidrógeno. El más simple de todos es el metano, o gas de los pantanos, formado en la naturaleza por la descomposición bacteriana de materia orgánica bajo el agua. Mezclado con el aire en proporciones adecuadas, el metano se convierte en la temible «combustión húmeda» de las minas de carbón. Su estructura es sencillamente simple, ya que consiste en un átomo de carbono al que se han unido cuatro átomos de hidrógeno:



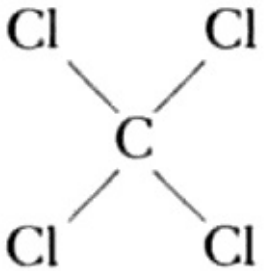
Los químicos han descubierto que es posible separar uno o todos los átomos de hidrógeno y sustituirlos por otros elementos. Por ejemplo: sustituyendo un átomo de hidrógeno por uno de cloro, produciremos cloruro de metano:



Quitando tres átomos de hidrógeno y sustituyéndolos por otros tantos de cloro, tendremos el cloroformo anestésico:



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



En términos lo más sencillos posible, esos cambios se sostienen sobre la molécula básica del metano esquemático que es el hidrocarburo. Pero este boceto sugiere poca cosa en la auténtica complejidad del mundo químico de los hidrocarburos, o de las manipulaciones con que el químico orgánico crea sus materiales infinitamente variados. Por ejemplo: de la simple molécula de metano con su átomo simple de carbono, el químico puede trabajar con moléculas de hidrocarburos consistentes en muchos átomos de carbono, dispuestos en anillos o eslabones, con sus cadenas o ramas añadidas y sujetas entre sí con enlaces químicos que no son simplemente átomos de hidrógeno o de cloro, sino también una gran variedad de otros grupos químicos. Con ligeros cambios estructurales varía el carácter total de la substancia; por ejemplo, no sólo lo que se agrega, sino el lugar de inserción o enlace en el átomo de carbono es sumamente

importante. Manipulaciones ingeniosas semejantes han producido un conjunto de venenos de poder verdaderamente extraordinario.

El DDT (abreviatura del dicloro-difenil-tricloro-etano) fue el primero sintetizado por un químico alemán en 1874, pero sus propiedades como insecticida no fueron descubiertas hasta 1939. Casi inmediatamente el DDT fue aclamado como el medio de liquidar las enfermedades producidas por los 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 tan universalmente utilizado, que en la mayoría de opiniones toma el aspecto de familiar e inofensivo. Quizá el mito de la inocuidad del DDT se apoya en el hecho de que una de sus primeras aplicaciones fue durante la guerra, para combatir los piojos de millares de soldados, refugiados y prisioneros. Está ampliamente extendida la creencia, desde que tanta gente entró en contacto íntimamente directo con el DDT sin sufrir inmediatamente sus perjudiciales efectos, que tal producto debe ser de uso inocuo. Este comprensible error parte del hecho de que —al contrario de otros hidrocarburos clorados— el DDT *en forma de polvo*, no es absorbido rápidamente por la piel. Disuelto en aceite, como está usualmente, el DDT es declaradamente venenoso. Si se traga es absorbido lentamente por el aparato digestivo y también puede ser absorbido por los pulmones. Una vez ha penetrado en el cuerpo, se almacena largamente en órganos ricos en sustancias grasas (porque el propio DDT es liposoluble), tales como las cápsulas suprarrenales, los testículos o glándula tiroides. En cantidades relativamente grandes se deposita en el hígado, en los riñones y en la grasa del grande y protector mesenterio que envuelve los intestinos.

Este almacenamiento del DDT empieza por la más pequeña válvula de admisión del producto químico (que se presenta como residuos en la mayoría de los desechos de los alimentos) y continúa hasta que alcanza el más alto nivel. El depósito en las partes grasas actúa como amplificador biológico, de modo que una dosis tan pequeña como la de 1/10 de micrón en el alimento, resulta en almacenamiento de unos 10 ó 15 micrones, lo que representa un aumento de cien veces o más. Estos términos de referencia, tan familiares al químico o al farmacéutico, son extraños para la mayoría de nosotros. Un micrón o millonésima de gramo nos suena como una cosa muy pequeña... y así es. Pero tales sustancias son tan potentes, que una minúscula cantidad puede proporcionarnos enormes cambios en el organismo. En experimentos con los animales han sido encontrados 3 micrones por gramo al extraer un enzima esencial en el músculo cardíaco; sólo 5 micrones han ocasionado la necrosis o

desintegración de las células hepáticas; sólo 2.5 micrones de los productos íntimamente emparentados, dieldrín y clordano, han hecho lo mismo.

Esto, realmente, no es sorprendente. En la alquimia normal del cuerpo humano, existe tal disparidad entre causa y efecto que, por ejemplo, cierta 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 so mantienen almacenadas y sólo se expulsan lentamente, la amenaza de envenenamiento crónico y cambios degenerativos del hígado y otros órganos es absolutamente real.

Los científicos no están de acuerdo sobre la cantidad en que el DDT puede almacenarse en el cuerpo humano. El doctor Arnold Lehman, jefe de los servicios farmacéuticos de la Administración de Alimentos y Drogas, dice que no existe un suelo sobre el cual el DDT no sea absorbido, ni un techo bajo el que cesen la absorción y el almacenamiento. Por otra parte, el doctor Wayland Hayes, del Servicio Público de Sanidad de Estados Unidos, alega que en cada individuo se alcanza un punto de equilibrio y que el exceso de DDT que sobrepase ese punto, es excretado. Para fines 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 el término medio de la gente está almacenando potencialmente cantidades peligrosas. De acuerdo con varios estudios, individuos expuestos a esa sustancia en términos no conocidos (aparte del inevitable contacto diario) reúnen un porcentaje de 5.3 micrones a 7.4 micrones; los trabajadores agrícolas 17.1 micrones y los obreros de fábricas de insecticidas ¡nada menos que 649 micrones! Así que la escala de almacenamientos comprobados es amplia y, lo que es incluso más importante en este punto, las cifras mínimas sobrepasan el nivel en el cual empieza el peligro para el hígado y otros órganos o tejidos.

Una de las más siniestras características del DDT y sus derivados químicos es la manera con que pasan de un organismo a otro a través de todas las trabazones de la cadena de alimentos. Por ejemplo, los campos de alfalfa se espolvorean con DDT; después se prepara la comida de las gallinas con esa alfalfa; las gallinas ponen huevos que contienen DDT. O el heno, conteniendo residuos de 7 a 8 micrones, sirve de alimento a las vacas. El DDT reaparecerá en la leche en proporción de unos 3 micrones, pero en la mantequilla elaborada con esa leche, la concentración puede llegar a 65 micrones. A través de tal proceso de transferencia, que arranca de una pequeñísima proporción de DDT, puede llegarse a una altísima concentración. Actualmente los agricultores encuentran difícil obtener alimentos incontaminados para sus vacas, porque la Administración de Alimentos y Drogas prohíbe la presencia de residuos

insecticidas en la leche embarcada para el comercio exterior.

El veneno también puede ser transmitido por la madre a su descendencia. Residuos insecticidas se han hallado en la leche humana en muestras comprobadas por científicos de la Administración de Alimentos y Drogas. Esto significa que el niño alimentado al pecho de la madre recibe pequeñas, pero regulares dosis añadidas a la carga de productos químicos tóxicos recogidos por su cuerpo. Este no es en modo alguno su primer contacto, sin embargo: hay buenas razones para creer que éstos comienzan mientras está en el seno materno. En experimentaciones con animales, los insecticidas de hidrocarburos clorados atraviesan libremente la barrera de la placenta, el escudo tradicionalmente protector entre el embrión y las sustancias dañinas del cuerpo de la madre. Mientras que las cantidades así recibidas por los vástagos humanos son normalmente pequeñas, no son, sin embargo, menospreciables, porque el niño es más susceptible al envenenamiento que los adultos. Esta situación significa también que hoy el porcentaje individual de almacenaje empieza casi con toda seguridad con el primer depósito y va aumentando con la creciente carga de productos químicos que el cuerpo recibirá en adelante.

El conjunto de estos hechos: almacenamiento, incluso a niveles bajos, subsiguiente acumulación y dolencias del hígado que pueden fácilmente producirse en dietas normales, llevó a los científicos de la Administración de Alimentos y Drogas, en fecha tan temprana como 1950, a decir que es «sumamente probable que haya sido subestimado el peligro potencial del DDT». No ha existido situación semejante en la historia de la Medicina. Nadie conoce todavía cuáles pueden ser las últimas consecuencias de la misma.

El clordano, otro hidrocarburo clorado, tiene, como todos, los desagradables atributos del DDT más unos cuantos que son de su peculiar propiedad. Sus residuos son largamente persistentes en la tierra, en los restos de alimentos o en las superficies de los cuerpos en que puedan ser aplicados, aunque son también completamente volátiles, y el envenenamiento por inhalación es un peligro definido para cualquiera que los maneje o se exponga a ellos. El cloro utiliza cualquier forma de entrada al cuerpo humano. Atraviesa fácilmente la piel, se respira como vapor y, desde luego, es absorbido por el aparato digestivo si se tragan sus residuos. Como cualquier otro hidrocarburo clorado sus depósitos crecen en el cuerpo en forma acumulativa. Una dieta conteniendo una proporción tan pequeña como 2.5 micrones por gramo, puede en ciertos casos crecer hasta almacenar 75 micrones en la grasa de animales de experimentación.

Un farmacólogo tan experimentado como el doctor Lehman ha descrito el cloro como «uno de los más tóxicos insecticidas... Cualquiera que lo manipule

puede envenenarse». Juzgando por el descuido y la liberalidad con que se utiliza el cloro en las pulverizaciones para el césped de los suburbios, esta advertencia no ha sido tomada al pie de la letra. El hecho de que los arrabales no hayan sido instantáneamente puestos en conmoción tiene poco significado, porque las toxinas pueden dormir largo tiempo en el organismo y hacerse manifiestas meses o años después en un oscuro desorden que hace casi imposible seguir la pista de 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 su fallecimiento tuvo efecto antes de que pudiera conseguirse ayuda facultativa. No puede confiarse tampoco en recibir avisos que permitan obtener a tiempo tratamiento adecuado.

Los percloruros derivados del cloro se expenden como fórmulas separadas. Aquéllos tienen una capacidad especialmente alta para almacenarse en la grasa. Si la alimentación contiene una cantidad tan pequeña como 1/10 microgramos, habrá proporciones apreciables del heptacloro en el cuerpo. Éste tiene asimismo la curiosa propiedad de transformarse en otra sustancia químicamente distinta, conocida como heptacloro epóxido. Esto lo efectúa en la tierra y en los tejidos, tanto de plantas como de animales. Pruebas en pájaros han indicado que el epóxido que resulta de este cambio, es alrededor de cuatro veces más tóxico que el producto químico original, que es a su vez cuatro veces más tóxico que el cloro.

Hace mucho tiempo, a mediados de 1930, fue descubierto como causante de hepatitis un grupo especial de hidrocarburos; la naftalina clorada, origen también de una poco corriente y mortal enfermedad del hígado entre personas sometidas a su contacto por el trabajo. Este producto ha conducido a enfermedades y muerte a trabajadores de industrias eléctricas y, más recientemente, en agricultura, ha sido considerado como causa de una misteriosa y generalmente fatal enfermedad del ganado vacuno. En vista de tales antecedentes no es de extrañar que tres de los insecticidas que pertenecen a este grupo estén comprendidos entre los más virulentamente mortales de todos los hidrocarburos. Son éstos el dieldrín, el aldrín y el endrín.

El dieldrín, así llamado por el nombre de un químico alemán, Diels, es alrededor de 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 síntomas en el sistema nervioso, donde provoca convulsiones. Las personas así intoxicadas se recuperan con tal lentitud que pueden deducirse efectos crónicos. Como los de otros hidrocarburos clorados, esos efectos incluyen graves daños en el hígado. La larga duración de sus residuos y lo efectivo de su acción, hacen del dieldrín uno de los insecticidas

más usados hoy día, a pesar de la lamentable destrucción de la vida salvaje que ha seguido a su empleo. Como se ha comprobado en codornices y faisanes, es alrededor de 40 a 50 veces más tóxico que el DDT.

Existen lagunas en nuestro conocimiento acerca de cómo el dieldrín se almacena o distribuye en el cuerpo o es excretado, porque la ingenuidad de los químicos inventando insecticidas ha corrido, desde hace tiempo, más que el conocimiento biológico respecto a la manera con que esos venenos afectan al organismo vivo. No obstante, hay detalladas indicaciones de larga permanencia en el cuerpo humano, donde esos depósitos pueden yacer dormidos como los volcanes, y sólo hacer su aparición en períodos de debilidad física, cuando el cuerpo echa mano de sus reservas de grasa. Mucho de lo que conocemos realmente ha sido aprendido a través de dura experiencia, en campañas contra la malaria, efectuadas por la Organización Mundial de la Salud. Tan pronto como el dieldrín sustituyó al DDT en la represión de la malaria (porque los mosquitos de la malaria se hicieron resistentes al DDT), empezaron a presentarse casos de intoxicaciones entre los hombres encargados de las pulverizaciones. El porcentaje fue considerable: desde la mitad de ellos hasta su totalidad (variaban según los diferentes programas), fueron atacados por convulsiones y algunos murieron. Otros sufrieron esas convulsiones por espacio de *cuatro meses* después del último contacto con la sustancia en cuestión.

El aldrín es un producto un tanto misterioso, porque aunque existe como entidad separada, posee una relación de alter ego con el dieldrín. Cuando se sacan zanahorias de un terreno tratado con aldrín, se les encuentran residuos de dieldrín. Tal cambio ocurre en tejidos vivos y también en la tierra. Esta transformación química ha conducido a informes erróneos, porque si un químico, sabiendo que ha sido aplicado el aldrín, hace la prueba de éste, se encontrará decepcionado y pensando que todos los residuos han desaparecido. Allí encuentra unos residuos, pero son de dieldrín, y esto requiere una prueba distinta.

Como el dieldrín, el aldrín es extremadamente tóxico. Produce transformaciones degenerativas 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. Ha originado muchos casos de intoxicaciones de personas, la mayoría en relación con las manipulaciones industriales.

El aldrín, como la mayor parte de este grupo de insecticidas, proyecta una sombra amenazadora sobre el futuro, la sombra de la esterilidad. Los faisanes que comieron cantidades demasiado pequeñas para morir, pusieron pocos huevos, y los pollos obtenidos murieron pronto. Tales efectos no se reducen a los pájaros. Las ratas contaminadas con aldrín han tenido pocos embarazos y sus

pequeños eran enfermizos y murieron pronto. Los perritos 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 este producto químico ha sido rociado desde aviones sobre áreas suburbanas y tierras de labor.

El endrín es el más tóxico de todos los hidrocarburos clorados. Aunque desde el aspecto químico está bastante emparentado 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 por comparación casi inofensivo. El endrín es 15 veces más ponzoñoso que el DDT para los mamíferos, 30 veces para el pescado y alrededor de 300 veces para algunos pájaros.

A la década de su uso, el endrín ha matado enorme número dé peces, ha envenenado fatalmente el ganado vacuno que andaba desperdigado por huertos pulverizados, ha emponzoñado manantiales y ha dado un serio aviso, desde por lo menos un importante Departamento sanitario del Estado, de que su uso sin discernimiento está poniendo en peligro vidas humanas.

En uno de los más trágicos casos de envenenamiento por endrín, no había aparentemente descuido; se hicieron esfuerzos para tomar precauciones que se consideraban adecuadas. Un niño de un año había sido llevado a vivir a Venezuela con sus padres. En la casa donde se mudaron tenían cucarachas, y después de unos cuantos días emplearon un insecticida conteniendo 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, la saludable criatura se convirtió en poco más que un vegetal: incapaz de ver ni de oír, sujeto a frecuentes espamos musculares y con la apariencia de estar completamente desarraigado del contacto con cuanto le rodeaba. Varios meses de tratamiento en un hospital de Nueva York fueron inútiles para cambiar su estado o proporcionar alguna esperanza respecto a su recuperación. «Es sumamente dudoso —dijeron los médicos que le atendían— que pueda presentarse algún grado de recuperación útil.»

El segundo grupo importante de insecticidas, el de los fosfatos orgánicos, figura entre los más ponzoñosos productos químicos del mundo. El principal y

obvio riesgo que aguarda con su empleo es el de envenenamiento agudo de la gente que efectúa las pulverizaciones o que se ponga accidentalmente en contacto con las rociadas acarreadas por el viento, con vegetales cubiertos por él, o con un recipiente desechado que haya contenido alquil. 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 niños pequeños, primos hermanos, fallecieron en la misma noche. Uno había estado jugando en el patio de su casa cuando la pulverización fue desparramada por el viento desde un campo inmediato donde el padre de la criatura estaba tratando patatas con paratión. El otro se había metido en el granero, tras de su padre, y había puesto las manos en la manguera del equipo de pulverizaciones.

El origen de estos insecticidas tiene realmente cierto irónico significado. Aunque algunos de los propios productos —ésteres orgánicos y ácido fosfórico — eran conocidos desde muchos años antes, sus propiedades insecticidas esperaban a ser descubiertas por un químico alemán, Gerhard Schrader, a fines de 1930. Casi inmediatamente, el Gobierno alemán estimó el valor de tales productos como nueva y devastadora arma en la guerra del hombre contra su propia especie, y el trabajo en ellos se declaró secreto. Algunos se convirtieron en gases mortales para los nervios. Otros, de composición muy semejante, en insecticidas.

Los insecticidas de fosfatos orgánicos actúan en el organismo vivo de un modo peculiar. Tienen la habilidad 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, se transmite de nervio a nervio con la ayuda de un «transmisor químico» llamado acetilcolina, una sustancia que desempeña una función esencial y luego desaparece. Realmente, su existencia es tan efímera, que las investigaciones médicas son incapaces, sin procedimientos especiales, de localizarlo antes de que el cuerpo lo haya destruido. Esta naturaleza transitoria del transmisor químico es necesaria para el funcionamiento normal del organismo. Si la acetilcolina no es destruida tan pronto como ha cesado un impulso nervioso, los impulsos continúan vertiginosamente a través del puente de un nervio a otro, mientras el producto químico ejerce sus efectos de un modo aún más intensivo. Los movimientos de todo el cuerpo pierden su coordinación y provienen temblores, espasmos musculares, convulsiones, hasta que se presenta la muerte rápidamente.

Esta contingencia ha sido precavida por el organismo. Una enzima

protectora llamada colenesterasa está preparada para destruir la transmisión del producto químico cuando ya no se necesita. De este modo se establece un equilibrio exacto y el cuerpo no acumula una cantidad peligrosa de acetilcolina. Pero en contacto con los insecticidas de fosfato orgánico, la enzima protectora es destruida, y a medida que se reduce ésta, crece la cantidad de transmisor químico. En este efecto, los compuestos de fósforo orgánico se parecen al veneno alcaloide muscarína encontrado en un hongo venenoso, el amanita volante.

Repetidos contactos con aquél, pueden disminuir el nivel de la colinesterasa hasta que el individuo llega a tener envenenamiento agudo, estado al que puede ser empujado por un pequeñísimo contacto adicional. Por esta razón se considera importante hacer exámenes periódicos de la sangre de los encargados dé las pulverizaciones y de otros individuos expuestos 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 convierten en «ferozmente agitadas y belicosas» en contacto con él, efectúan frenéticos movimientos para limpiarse y en media hora están próximas a la muerte. Un químico, deseando saber de la manera más directa posible, cuál es la dosis agudamente tóxica para el ser humano, tragó una mínima cantidad, equivalente a 0,00424 de onza. 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 un porcentaje de más de 200 casos anuales de envenenamiento accidental por paratión. En otros lugares del mundo, la proporción de tales accidentes es la siguiente: 100 casos fatales en la India y 67 en Siria en 1958, y un porcentaje de 336 muertes anuales en Japón.

Sin embargo, unos 7.000.000 de libras de paratión se aplican ahora en campos y huertos de Estados Unidos por medio de pulverizaciones a mano, espolvoreos y riegos motorizados y por avión. La cantidad usada sólo en las granjas de California, según una autoridad médica, «representa una dosis letal 5 o 10 veces mayor que la totalidad de los habitantes del mundo».

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 bastante rápidamente. Sus residuos en las cosechas donde son aplicados tienen por consiguiente una permanencia relativamente bastante corta, comparados con los hidrocarburos clorados. Sin embargo, subsisten lo bastante para proporcionar riesgos y producir consecuencias que oscilan entre simplemente graves y fatales. En Riverside, California, once de treinta hombres que recogían naranjas se pusieron de pronto muy enfermos y todos menos uno

tuvieron que ser hospitalizados. Los síntomas eran los típicos del envenenamiento por paratión. La cosecha había sido pulverizada con paratión unas dos semanas y media antes; los residuos, que les provocaron náuseas, ceguera parcial, y estados de semi-inconsciencia, tenían de dieciséis a diecinueve días de fecha. Lo cual no es, ni mucho menos, una marca de persistencia. Parecidos trastornos se habían presentado en campos pulverizados un mes antes, y fueron hallados residuos en la cáscara de las naranjas después de transcurrir seis meses del tratamiento de éstas con dosis corrientes.

El peligro de todos los trabajadores que aplican los insecticidas de fosfatos orgánicos 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 los que lavan la ropa de aquéllas si absorben el suficiente paratión para que les afecte.

El malatión, otro de los fosfatos orgánicos, es casi tan familiar al público como el DDT, y es usado ampliamente por jardineros como insecticida casero o en pulverizaciones contra mosquitos y, en tales cantidades, que se aproxima al millón de acres lo pulverizado por las colectividades de Florida para combatir la mosca mediterránea de la fruta. Se considera el menos tóxico de estos productos químicos y mucha gente cree que puede usarlo sin tasa ni temor al peligro. Los anuncios comerciales les animan a esta tranquila actitud.

La pretendida «seguridad» del malatión se apoya en un terreno más bien precario, aunque —como sucede con frecuencia— esto no se descubrió hasta que llevaba varios años en uso. El malatión es «seguro», sólo porque el hígado de los mamíferos, órgano con extraordinario poder protector, lo hace relativamente innocuo. La desintoxicación se realiza por una de las enzimas del hígado. Si. no obstante, algo destruye esta enzima o se interfiere en su acción, la persona expuesta al malatión recibe de lleno la fuerza del tóxico.

Desgraciadamente para todos nosotros, forman legión las oportunidades para que suceda algo así. Hace unos cuantos años, un grupo de científicos de la Administración de Alimentos y Drogas, descubrió que cuando el malatión y otros determinados fosfatos orgánicos son administrados simultáneamente, resulta un envenenamiento masivo, alrededor de 50 veces más grave que lo que hubiera podido pronosticarse si se hubiese sumado la toxicidad de dos productos. En otras palabras: 1/100 de dosis letal de cada compuesto puede ser letal cuando se combinan dos.

Este descubrimiento condujo a investigar otras combinaciones. Ahora se

sabe que muchos insecticidas compuestos de un par de fosfatos orgánicos son altamente peligrosos siendo su toxicidad agudizada o «potenciada» por esa acción combinada. La potenciación parece que se efectúa cuando un compuesto destruye la enzima del hígado capaz de combatir lo tóxico del otro. Aunque los dos no necesitan ser administrados simultáneamente. El peligro no sólo existe para el hombre que esta semana puede pulverizar un insecticida y la próxima otro; existe también para el consumidor de productos pulverizados. La ensaladera corriente puede presentar fácilmente una combinación de insecticidas de fosfatos orgánicos. Los residuos pueden muy bien actuar dentro de los límites de la legalidad.

El total alcance de la peligrosa interacción de los productos químicos, es sin embargo poco conocida aún, pero hallazgos que engendran preocupaciones llegan regularmente de los laboratorios científicos. 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 plasticidas es capaz de convertir el malatión en más peligroso, actuando más intensamente que otro insecticida. Repito que esto es porque inhibe la enzima del hígado que normalmente «enseñaría los dientes» al insecticida tóxico.

¿Qué decir de otros productos químicos que se encuentran en el medio ambiente humano normal? ¿Qué, en particular, de las drogas? Un escueto comienzo es todo lo que se ha hecho al respecto, pero ya se sabe que algunos fosfatos orgánicos (el paratión y el malatión) aumentan la toxicidad de algunas drogas usadas como relajadoras de los músculos, y que muchos otros (incluyendo otra vez al malatión) incrementan el tiempo de sueño provocado por los barbitúricos.

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 por medios indirectos encuentra ahora su contrapartida en lo que se conoce por «insecticidas sistemáticos». Estos son productos químicos con extraordinarias propiedades que se emplean para revestir plantas y animales de una especie de túnica de Medea, a causa de sus características verdaderamente ponzoñosas. Éstas se les han dado con el propósito de matar los insectos que puedan ponerse en contacto con ellos, especialmente secándoles los jugos o la sangre.

Los insecticidas sistemáticos constituyen un mundo de fantasmagoría que

sobrepasa los imaginados por los hermanos Grimm... quizá más próximo al caricaturesco de Charles Addams. Es un mundo en el que el bosque encantado de los cuentos de hadas se ha convertido en la selva venenosa en la que un insecto que chupe una hoja o mastique la raíz de una planta está condenado. Es el mundo en el que una mosca muerde a un perro y muere porque la sangre del perro se ha vuelto venenosa; en el que un insecto puede morir por los vapores emanados de una planta que no llegó a tocar; en el que una abeja puede llevar néctar ponzoñoso a su colmena y poco después fabricar miel envenenada.

El sueño de los entomólogos de crear insecticidas nació cuando los trabajadores del campo de la entomología aplicada se dieron cuenta de que podían sacar una sugerencia de la propia naturaleza: encontraron que el trigo que nacía en terreno que contuviera selenio sódico, era inmune al ataque de arácnidos y gorgojos. El selenio, un elemento que se presenta en estado natural y se encuentra esparcido en rocas y terrenos para sembrados en muchas partes del mundo, se convirtió así en el primer insecticida sistemático.

Lo que hace que un insecticida sea sistemático es su habilidad para permeabilizar todos los tejidos de plantas o animales y convertirlos en tóxicos. Esta cualidad la poseen algunos productos químicos, del grupo del hidrocarburo clorado y otros del grupo organofosfórico, todos producidos sintéticamente o bien por ciertas sustancias que se presentan en estado natural. En la práctica, sin embargo, la mayor parte de los sistemáticos están obtenidos del grupo organofosfórico, porque el problema de los residuos es, en cierto modo, menos agudo.

Los sistemáticos actúan en otra forma también: aplicados a los sembrados, bien por riego o en un revestimiento combinado con el carbono, extienden sus efectos a la siguiente generación de plantas y producen cosechas venenosas para pulgones y otros insectos dañinos. Vegetales como alubias, guisantes y remolachas azucareras se encuentran así a veces protegidos. Las cosechas de algodón revestidas de insecticidas sistemáticos, han estado en uso durante algún tiempo en California, donde 25 labradores que cultivaban algodón en el valle de San Joaquín en 1959, fueron súbitamente aquejados de enfermedad por haber manipulado las bolsas del insecticida.

En Inglaterra, alguien preguntó qué pasaría cuando las abejas libaran néctar de plantas sometidas a pulverizaciones. Esto fue investigado en áreas tratadas con un producto llamado escradán. Aunque las plantas habían sido pulverizadas antes de que brotaran las flores, el néctar producido después contenía el veneno. El resultado, como pudo haberse previsto, fue que la miel hecha por las abejas estaba también contaminada con escradán.

El uso de sistemáticos para animales se ha concentrado primordialmente en

el ganado vacuno para combatir una larva parásita. Debe emplearse con extremo cuidado para crear un efecto insecticida en la sangre y los tejidos sin producir envenenamiento. El equilibrio es delicado y los veterinarios del Gobierno han descubierto que el empleo repetido de pequeñas dosis puede ir agotando gradualmente la provisión animal de la protectora enzima colinesterasa, de modo que, sin previo aviso, una ínfima dosis adicional causará la intoxicación.

Hay seguras indicaciones de que otros terrenos más próximos a nuestra vida diaria están siendo también invadidos. Ahora, ustedes pueden dar a su perro una píldora que, se asegura, le dejará libre de pulgas convirtiendo su sangre en venenosa para esos insectos. Los peligros descubiertos en el tratamiento del ganado podrán, probablemente, ser aplicados al perro. Aunque todavía nadie ha propuesto un sistemático humano que nos haga ponzoñosos para los mosquitos, quizá sea éste el próximo paso que nos aguarda.

Hasta ahora, en el presente capítulo hemos estado hablando de los productos químicos mortales empleados en nuestra guerra contra los insectos. ¿Qué hay acerca de nuestra simultánea lucha contra las malas hierbas?

El deseo de hallar un rápido y fácil método de destruir las plantas indeseables ha dado lugar a una grande y creciente colección 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 es si los herbicidas son venenosos y si su empleo contribuye al envenenamiento del medio ambiente.

La leyenda de que los herbicidas sólo son perjudiciales para las plantas y que su uso no amenaza la vida animal, ha sido ampliamente difundida, pero, desgraciadamente, no es cierta. Los matamalezas incluyen una larga serie de productos químicos que actúan tanto en el tejido animal como en la vegetación y que varían mucho en su acción sobre el organismo. Algunos son venenos en general, otros poderosos estimulantes del metabolismo que causan fatal elevación en la temperatura del cuerpo, otros producen tumores malignos, bien solos o bien en participación con otros productos químicos, otros atacan los órganos genéticos de la raza por medio de transformaciones y alteraciones. Así pues, los herbicidas, como los insecticidas, incluyen en su composición algunos productos muy peligrosos, y su uso sin precauciones, en la creencia de que son «seguros», puede tener desastrosos resultados.

A pesar de esto, sigue la competición en forma de constante manantial de nuevos productos que surgen de los laboratorios. Los compuestos de arsénico siguen usándose liberalmente, tanto en calidad de insecticidas, como se indica más arriba, cuanto en forma de matamalezas, donde toman generalmente la

forma de arseniato sódico. La historia de su uso no es tranquilizadora. Cómo pulverizaciones en las cunetas de las carreteras han costado a muchos granjeros una vaca y matado incontables animales salvajes. Como herbicidas contra plantas acuáticas de lagos y pantanos han convertido las aguas públicas en impotables para beber e incluso para nadar. Como rociaduras aplicadas a campos de patatas a fin de destruir las malas hierbas, se han llevado por delante un montón de vidas humanas y no humanas.

En Inglaterra esta última práctica se desarrolló alrededor de 1951, como resultado de una disminución de ácido sulfúrico, primitivamente usado para quemar los parásitos de las patatas. El Ministerio de Agricultura consideró necesario hacer la advertencia de que era peligroso ir por los campos pulverizados con herbicidas arsenicales, pero la advertencia no fue comprendida por el ganado vacuno —ni, podemos imaginarlo, por los animales salvajes o los pájaros— y los informes de vacas envenenadas por 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 más importantes fábricas inglesas de productos químicos —en 1959— suspendió la fabricación de pulverizaciones arsenicales y reclamó los suministros que se hallaban ya en poder de sus clientes. Poco después, el Ministerio de Agricultura anunció que, a causa de los grandes riesgos para la gente y el ganado, se impondrían restricciones en el uso de arseniatos. En 1961, el Gobierno de Australia anunciaba medidas semejantes. Sin embargo, ninguna de tales restricciones ha impedido el empleo de semejantes venenos en Estados Unidos.

También se usan como herbicidas algunos compuestos de «dinitro», listos se hallan clasificados entre los más peligrosos elementos de ese tipo en uso en Norteamérica. El dinitrofenol es un fuerte estimulante metabólico, por cuya razón fue usado tiempo atrás como droga adelgazante, pero el margen de separación entre las pequeñas dosis y las que se requieren para envenenar y matar era insignificante... tan insignificante que muchos pacientes murieron y otros muchos sufrieron permanentes enfermedades hasta que fue prohibido por fin el uso de la droga.

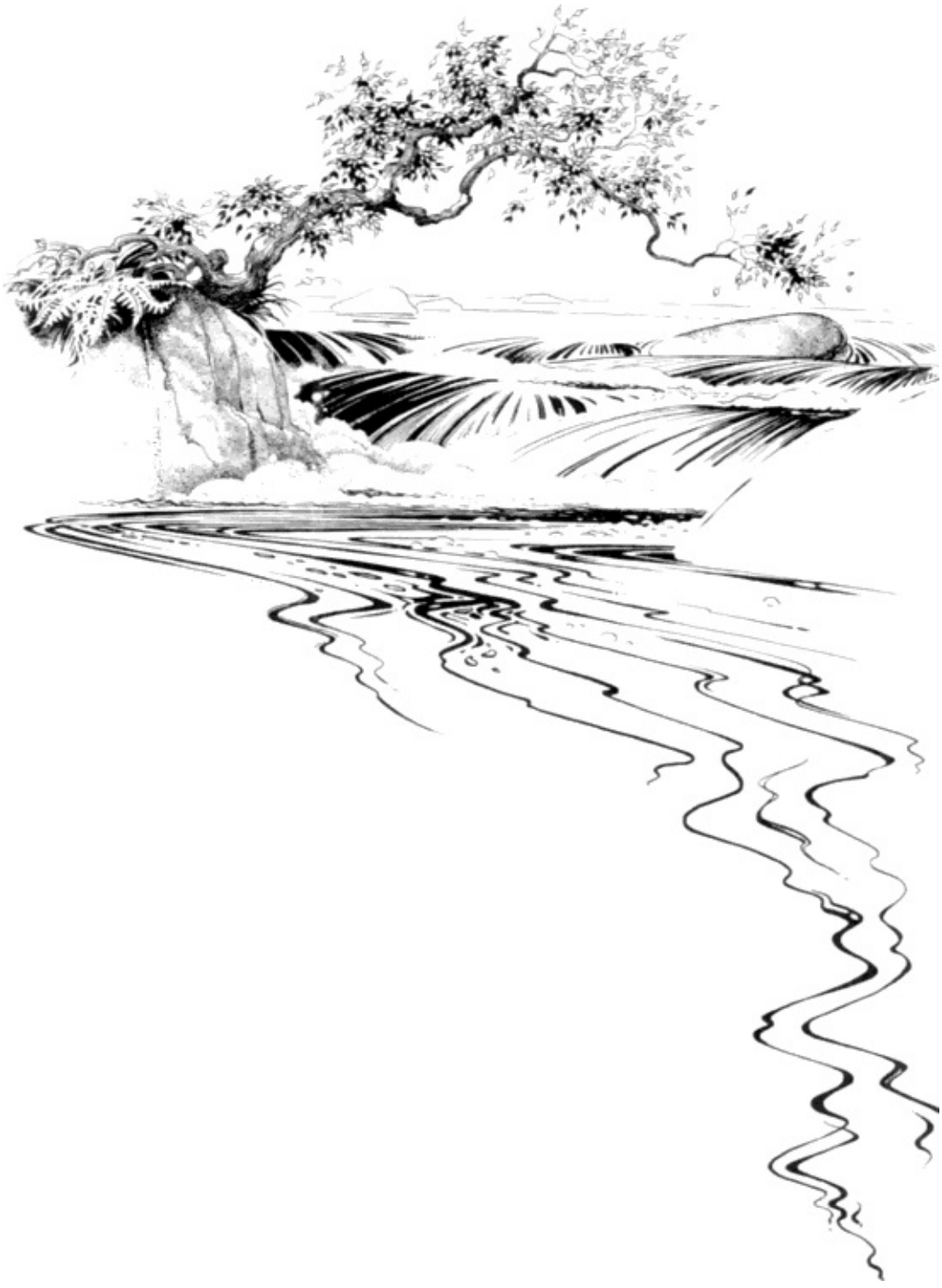
Un producto emparentado con aquél, el pentaclorofenol, conocido a veces como «penta», se usa tanto como matamalezas cuanto en calidad de insecticida, siendo pulverizado con frecuencia a lo largo de las vías del ferrocarril y en extensas áreas. El penta es extremadamente tóxico para una amplia variedad de organismos, desde la bacteria hasta el hombre. Como el dinitro, se interfiere, a veces fatalmente, en el manantial de energía del organismo, de modo que la persona afectada se quema, casi literalmente, por sí misma. Su temible poder quedó demostrado en un fatal accidente recientemente explicado por el

Departamento de Sanidad de California. El conductor de un coche-tanque estaba preparando un matamalezas mezclando aceite diesel con pentaclorofenol. Mientras sacaba el concentrado químico de un tanque, la espita, casualmente, se desprendió. El hombre la recogió con su mano desnuda para volver a colocarla. Aunque se lavó inmediatamente, enfermó y murió al día siguiente.

Mientras los resultados de los matamalezas semejantes, como el arseniato de sodio o los fenoles son visiblemente dañinos, algunos otros herbicidas tienen propiedades de efectos más insidiosos. Por ejemplo, el ahora famoso herbicida del arándano, el aminotriazol o amitrol, está clasificado como de toxicidad relativamente baja. Pero a la larga tiene tendencia a causar tumores malignos en la glándula tiroides, lo que puede ser bastante más importante para los animales salvajes y quizá también para el hombre.

Entre los herbicidas hay algunos clasificados como «mutagens», o agentes capaces de modificar los genes, esto es, los'elementos de la herencia. Nosotros nos sentimos adecuadamente impresionados por los efectos genéticos de la radiación; ¿por qué, entonces, podemos quedarnos indiferentes al mismo efecto causado por los productos químicos que diseminamos ampliamente por nuestro alrededor?

4. Aguas de superficie y mares subterráneos



De todos nuestros recursos naturales, el agua es el más precioso. La mayor

parte de la superficie terrestre está, con mucho, cubierta por mares que la rodean, aunque entre tanta abundancia nosotros nos encontremos en escasez. Por extraña paradoja, la mayor parte de la abundante agua de la tierra no puede emplearse en la agricultura, la industria o el consumo humano a causa de la pesada carga de sales marinas, y éste es el motivo de que la mayoría de los habitantes del mundo esté bien experimentando directamente o bien amenazada de críticas restricciones. En una época en que el hombre ha olvidado sus orígenes y está ciego respecto a sus necesidades más esenciales para la supervivencia, el agua, a la par de otros recursos, se ha convertido en la víctima de su indiferencia.

El problema de la contaminación del agua por los plaguicidas puede ser comprendido solo en el contexto como parte del todo al que pertenece: la contaminación del total medio ambiente del hombre. La intoxicación que ha penetrado en nuestras aguas proviene de muchos orígenes: residuos radiactivos procedentes de reactores, laboratorios y hospitales; ruinas causadas por las explosiones nucleares; desechos domésticos en ciudades y villas; detritus químicos en las fábricas... A esto hay que añadirle una nueva forma de ruina: las pulverizaciones químicas aplicadas a tierras de cultivo, jardines, bosques y campos. Muchos de los agentes químicos en esta alarmante barahúnda imitan y aumentan los perniciosos efectos de las radiaciones y, dentro de los propios grupos de productos químicos, hay siniestras y poco conocidas interacciones, transformaciones y acumulaciones de efectos.

Desde que los químicos empezaron a fabricar sustancias que la naturaleza no inventó nunca, el problema de la purificación del agua se ha hecho complejo y el peligro de los usuarios del agua ha aumentado. Como hemos visto, la producción de esos sintéticos químicos en gran escala empieza el año 1940. Ahora ha alcanzado tal proporción que un impresionante diluvio de pulverizaciones es derramado diariamente en las aguas de la nación. Cuando los productos para el campo, mezclados con los domésticos y otras clases de ponzoñas, descargan dentro de la misma agua, a veces desafían la investigación en uso corriente para la purificación de las aguas. La mayoría son permanentes y no pueden ser eliminados por los procedimientos ordinarios. Con frecuencia ni siquiera admiten la identificación. En los ríos, una variedad realmente increíble se combinan para producir depósitos que los ingenieros sanitarios pueden sólo calificar inconcretamente como un «complejo». El Profesor Rolf Eliassen del Instituto de Tecnología de Massachusetts declaraba ante un comité de congresistas la imposibilidad de predecir los efectos compuestos de tales productos ni de identificar la materia orgánica resultante de la mixtura.

—No hemos ni empezado a saber lo que es —dijo el Profesor—. ¿Cuáles son los efectos que causan en la gente? Lo ignoramos.

En un grado siempre creciente, los productos empleados para la reducción de insectos, roedores y vegetación molesta contribuyen a esa contaminación orgánica. Algunos son aplicados deliberadamente a los medios acuáticos para destruir plantas, larvas o peces perjudiciales. Otros llegan de pulverizaciones en los bosques que pueden cubrir dos o tres millones de acres en un solo Estado para destruir directamente una sola plaga de insectos... pulverizaciones que caen de lleno en los arroyos o que se deslizan a través del dosel de hojas hasta el suelo del bosque, desde donde forman parte del lento movimiento de las filtraciones de humedad en su largo viaje hacia el mar. Probablemente, el cuerpo principal de tales contaminantes son los residuos de millones de kilos de productos químicos agrícolas aplicados a los cultivos para limitar insectos o roedores y que han sido arrastrados desde la tierra por las lluvias para ir a formar parte del movimiento universal de las aguas.

Aquí y allá tenemos dramáticas muestras de la presencia de esos productos químicos en nuestros arroyos e incluso en los depósitos públicos para el suministro de agua. Por ejemplo, una porción de agua potable del área de un huerto de Pensilvania, cuando fue probada con peces en un laboratorio, contenía insecticida suficiente para matar, en sólo cuatro horas, todos los peces que habían formado parte de la prueba. El agua de un riachuelo que bañaba campos de algodón pulverizados continuó siendo mortal para el pescado, incluso después de haber pasado por una instalación de purificación, y en quince manantiales tributarios del río Tennessee, en Alabama, las filtraciones de campos tratados con toxafeno, un hidrocarburo clorado, mataron a todos los peces que los habitaban. Dos de esos manantiales eran los que el municipio utilizaba para suministrar agua potable a la región. Además, durante una semana después de la aplicación del insecticida, el agua permaneció ponzoñosa, hecho comprobado por las muertes diarias de las carpas doradas colgadas en redes en la desembocadura de los afluentes.

En su mayor parte, esta contaminación ni es observada ni visible y sólo se hace notar su presencia cuando centenares o miles de peces sucumben, pero es más frecuente que nunca llegue a conocerse. La química que conserva la pureza del agua no tiene comprobaciones en uso para esas contaminaciones orgánicas ni manera de eliminarlas. Pero, conocidos o no, los plaguicidas están allí y, como puede suponerse, con tantos materiales aplicados a la superficie terrestre en tan vasta escala, ahora se han abierto paso hasta muchos, o quizá hasta todos, de los mayores ríos de la nación.

Si alguien duda de que nuestras aguas se han contaminado casi totalmente con los insecticidas, que estudie un informe publicado por el Servicio de Pesca y Caza de Estados Unidos en 1960. Las primeras muestras se tomaron de las áreas

de bosques en el Oeste, ya que el Servicio había efectuado estudios previos para descubrir si los peces, igual que los animales de sangre caliente, almacenan insecticidas en sus tejidos. La región escogida había sido pulverizada en forma masiva con DDT para reprimir la proliferación de orugas. Tal como se suponía, todos aquellos peces tenían DDT. Pero los hallazgos verdaderamente significativos se hicieron cuando los investigadores se dirigieron, para comparar, a una ensenada situada en un lugar apartado, a unas 30 millas más allá del último espacio pulverizado. Aquella ensenada estaba más arriba y separada por una alta cascada. No se sabía que se hubiera efectuado ningún riego local con insecticida. Pues bien, sí; los peces también contenían DDT. ¿Había llegado el producto hasta aquel remoto lugar por cualquier oculto río subterráneo? ¿Fue llevado por el aire y dejado caer en la ensenada? En otro estudio comparativo, el DDT fue hallado en los tejidos de unos peces procedentes de un criadero donde el agua era suministrada por un profundo manantial. Tampoco había informes respecto a pulverizaciones próximas. El único medio posible de contaminación parecía proceder de aguas subterráneas.

En el problema de la contaminación del agua no hay, con toda seguridad, nada más perturbador que la amenaza de la propagación por medio de manantiales ocultos. No es posible verter plaguicidas en ninguna clase de agua fluyente sin amenazar la pureza de todas las demás. Rara vez, si acaso se produce alguna, la Naturaleza opera en departamentos estancos, y, desde luego, no lo ha hecho al distribuir las corrientes de agua. La lluvia, al caer en la tierra, atraviesa poros y hoyos en la tierra y en la roca, penetrando cada vez más profundamente hasta que alcanza una zona donde todos los poros de la sustancia mineral están llenos de agua, hasta un oscuro mar subterráneo que, creciendo bajo las colinas, se sumerge bajo los valles. Este agua interior está continuamente en movimiento, a veces con tanta lentitud que no avanza más de 50 pies por año; otras rápidamente en comparación, de modo que recorre en un día la décima parte de una milla. Viaja a través de venas ocultas hasta que, aquí o allá, sale a la superficie en forma de manantial o barrena un espacio en forma de ensenada o de pozo. Pero en su mayor parte alimenta los arroyos y también los ríos. Excepto la que entraba directamente en los ríos en forma de lluvia y las corrientes superficiales, toda el agua fluyente de la capa terrestre fue antaño interior. Y por eso en realidad, y de un modo sobrecogedor, la contaminación del agua subterránea supone la contaminación de cualquier otra.

Debe haber sido por medio de uno de esos oscuros mares interiores por donde los venenos químicos de las fábricas del Colorado se han trasladado a un distrito agrícola muchas millas más allá, para emponzoñar manantiales, enfermar personas y animales y estropear las cosechas... un hecho extraordinario que

podría ser muy bien sólo el primero de muchos iguales. En 1943, el Arsenal de las Montañas Rocosas del Cuerpo Químico del Ejército, instalado junto a Denver, empezó a fabricar material de guerra. Ocho años después, las instalaciones del arsenal fueron traspasadas a una compañía privada de petróleo para la producción de insecticidas. Incluso antes del cambio de operaciones, empezaron a llegar misteriosos informes: granjeros que vivían a muchas millas de la fábrica mandaban noticias de inexplicables enfermedades del ganado y se quejaban de extensos daños en las cosechas. Las hojas se ponían amarillas, las frutas no maduraban, y muchas cosechas morían a ojos vistas. Hubo también notificación de enfermedades humanas, aunque afortunadamente no demasiado graves...

Las aguas de riego de esas granjas procedían de pozos poco profundos. Cuando fueron examinadas las aguas del manantial (en un estudio efectuado en 1959, en el que participaron diversos Estados y Oficinas federales) se descubrió que contenían una colección de sustancias químicas. Cloro, cloratos, sales de ácido fosfórico, fluoruros y arseniatos habían sido vaciados por el Arsenal de las Montañas Rocosas en una laguna o estanque durante los años de su labor. Aparentemente, el agua que corría bajo tierra entre el arsenal y las granjas había quedado contaminada y había tardado de 7 a 8 años en atravesar, bajo tierra, una distancia de alrededor de 3 millas desde el estanque donde fueron vertidos aquellos productos hasta la granja más próxima. Esta filtración había continuado extendiéndose y producido la contaminación de un área de amplitud no precisada. Los investigadores no conocían la manera de contener el daño ni de impedir su avance.

Todo esto era bastante grave, pero lo más misterioso, y probablemente a la larga, lo más característico del total episodio, fue el descubrimiento del herbicida 2,4-D en alguno de los pozos y en la laguna del arsenal. Ciertamente su presencia fue suficiente para explicarse los daños producidos en las cosechas por aquel agua. Pero el misterio consistía en el hecho de que ningún 2,4-D había sido fabricado por el arsenal en ningún momento de sus operaciones.

Después de largo y cuidadoso estudio, los químicos de la fábrica llegaron a la conclusión de que el 2,4-D se había formado espontáneamente en los abiertos depósitos. Fue elaborado allí por otras sustancias vertidas por el arsenal; al contacto con el aire, el agua y la luz del sol, y sin intervención de químicos humanos, el estanque se convirtió en laboratorio para la producción de un nuevo producto... un producto fatalmente demoledor para la vida vegetal que tocase.

Y así es cómo la historia de las granjas del Colorado y sus destruidas cosechas asume un significado que trasciende de su importancia local. ¿Qué semejanza puede haber, no sólo en el Colorado, sino con cualquier

contaminación que se abra paso hasta las aguas potables? ¿En qué lagos o ríos, por el contacto catalizador del aire y la luz, pueden nacer peligrosos productos por parentesco químico con otros catalogados como «inofensivos»?

Sin duda uno de los aspectos más alarmantes de la contaminación del agua es el hecho de que aquí —en río o lago o pantano o, por la misma causa, en el vaso de agua servido en vuestra mesa— están mezclados productos que ningún químico responsable pensaría combinar en su laboratorio. Las posibles interacciones de esas sustancias mezcladas libremente están preocupando profundamente a los funcionarios del Servicio de Salud Pública de Estados Unidos, que han expresado su temor de que la producción de sustancias peligrosas procedentes de cuerpos químicos relativamente innocuos pueda efectuarse en gran escala. Las reacciones pueden producirse entre dos o más sustancias químicas o entre éstas y desechos radiactivos descargados en los ríos cada vez en mayor volumen. Bajo el impacto de radiaciones ionizadas puede ocurrir fácilmente algún reagrupamiento de átomos que cambiará la naturaleza de las sustancias químicas de un modo que no sólo es impredecible, sino que también está fuera de cualquier limitación.

Desde luego no sólo se están contaminando las aguas interiores, sino las de superficie que fluyen, como arroyos, ríos, torrentes y aguas de riego. Un inquietante ejemplo de estas últimas parece crecer en los parques nacionales de vida salvaje en Tule Lake y Lower Klamath, ambos en California. Estos parques forman parte de una cadena que incluye también el de Upper Klamath Lake, justo a la orilla del Oregón. Todos están unidos, quizá desgraciadamente, por el abastecimiento compartido de agua, y todos también están afectados por el hecho de estar enclavados como pequeñas islas en el gran mar de tierras de labor que los rodea, tierras entarquinadas por el saneamiento y el desvío de un manantial desde un original paraíso de aves acuáticas, de pantanos y de aguas tranquilas.

Esas granjas y tierras de labor que rodean los parques son irrigadas ahora por el agua del Upper Klamath Lake. Las aguas, recogidas de los campos que han fertilizado son después llevadas por medio de bombas al Tule Lake y desde allí al Lower Klamath. Todas las aguas de los refugios instalados en esas dos extensiones de terreno, representan los residuos de las tierras cultivadas. Es importante recordarlo en relación con los recientes acontecimientos.

En el verano de 1960, los empleados del parque recogieron centenares de aves muertas o moribundas en Tule Lake y Lower Klamath. La mayoría eran especies ictiófagas: garzas, pelícanos, somormujos y grullas. El análisis descubrió que tenían residuos insecticidas y lo mismo las muestras de plancton. El director del refugio cree que los residuos de plaguicidas están ahora

desarrollándose en las aguas de esas instituciones, habiendo sido trasladados allí con el regreso de la corriente de irrigación desde campos fuertemente pulverizados.

Tales aguas emponzoñadas, colocadas aparte con propósitos de conservación, podrían tener lamentables consecuencias para todo cazador de patos del Oeste y para todo aquel que considera preciosa la vista y el sonido de bandadas de aves acuáticas elevándose o descendiendo sobre un cielo de atardecer. Estos refugios de vida salvaje especiales, ocupan posiciones estratégicas en la conservación de aves acuáticas. Se hallan situados en el estrecho paso de una garganta en la que convergen todas las especies que se conocen como aves del Pacífico. Durante la migración del otoño reciben millones de patos y gansos, desde las tierras donde anidan, que se extienden desde la orilla oriental del mar de Bering hasta la Bahía de Hudson, tres cuartas partes completas de todas las aves acuáticas que se trasladan en otoño al Sur, a los Estados de la costa del Pacífico. En verano proporcionan especialmente extensiones donde anidar a dos especies amenazadas: el pato rojo y el «redhead». Si los lagos y pantanos de esos refugios se contaminan seriamente, el desastre entre las poblaciones palmípedas del Far West puede ser irreparable.

El agua debe ser considerada también por la cadena de vidas que sustenta —desde las minúsculas células verdes del plancton del tamaño de granos de polvo que arrastran las corrientes, pasando por las pequeñísimas pulgas de agua y los peces que se comen el plancton y que a su vez son devorados por otros peces o por pájaros, visones, mapaches— en un interminable círculo que transfiere de una vida a otra los principios de su existencia. Todos sabemos que los minerales necesarios son pasados así, de un eslabón a otro, en la cadena de los alimentos. ¿Podemos suponer que los venenos que introduzcamos en el agua no entrarán también a formar parte de esos ciclos de la naturaleza?

La respuesta puede encontrarse en la asombrosa historia de Clear Lake, California. Clear Lake está situada en una región montañosa, a unas 90 millas al norte de San Francisco y ha sido popular durante mucho tiempo por su pesca. El nombre es inadecuado, porque la verdad es que más bien se trata de un lago turbio a causa del negro cieno que cubre su poco profundo lecho. Desgraciadamente para los pescadores y para los incidentales habitantes de sus orillas, sus aguas han proporcionado ambiente ideal a un pequeño cínife: el *chaoborus astictopus*. Aunque íntimamente emparentado con el mosquito, el cínife no chupa la sangre y probablemente no se alimenta en modo alguno como un adulto. No obstante, los seres humanos que comparten su medio ambiente, lo encontraron molesto por su excesivo número. Se hicieron esfuerzos por disminuirlo, pero fueron completamente vanos hasta que, a fines de 1949, los

insecticidas de hidrocarburo clorado ofrecieron una nueva arma. El producto escogido para el reciente ataque fue el DDD, un próximo pariente del DDT, pero que aparentemente presentaba muy poco riesgo para la vida piscícola.

Las nuevas medidas de reducción adoptadas en 1949 fueron cuidadosamente planeadas y poca gente podría haber supuesto que tendrían algún lamentable resultado. El lago fue vigilado, su volumen determinado y el insecticida aplicado en tan pequeña proporción, que por cada parte del producto habría 70 millones de agua. La reducción de los cínifes fue efectiva, pero hacia 1954 el tratamiento hubo de ser repetido, esta vez en porcentaje de 1 parte de insecticida por 50 millones de partes de agua. Se consideró que la destrucción de los cínifes estaba virtualmente realizada.

El siguiente invierno trajo la primera demostración de que otras vidas habían resultado afectadas también: los somormujos del oeste del lago empezaron a morir, y pronto se informó del fallecimiento de más de un centenar de dichas aves. En Clear Lake, el somormujo es un pájaro ictiófago, y también un visitante invernal que llega atraído por la abundante pesca del lago. Es una ave de aspecto impresionante y seductoras costumbres, que construye sus nidos flotantes en las poco profundas aguas de los lagos del Oeste de Estados Unidos y del Canadá. Se le llama el «cisne colimbo» con razón, porque se desliza por la superficie de las aguas sin producir apenas una onda, con movimiento suave y el blanco cuello y la brillante cabeza negra muy erguidos. Los polluelos recién nacidos están abrigados con un suave plumón gris; a las pocas horas ya se meten en el agua y viajan sobre el dorso del padre o de la madre, cobijados bajo las alas de sus progenitores.

A continuación del tercer ataque contra los insistentes cínifes, en 1957, murieron más somormujos. Como se había evidenciado en 1954, tampoco pudo encontrarse prueba de ninguna enfermedad infecciosa en las muertas aves. Pero cuando a alguien se le ocurrió pensar en el análisis de los tejidos grasos de los somormujos se les halló sobrecargados de DDD en la extraordinaria concentración de 1.600 micrones por gramo.

La máxima concentración aplicada al agua era de 1/50 micrones. ¿Cómo pudo aquel producto haber aumentado hasta tan prodigioso nivel en los animales? Desde luego que éstos son ictiófagos. Cuando los peces del Clear Lake fueron también analizados, los hechos empezaron a tomar forma: el veneno había sido recogido por los más pequeños organismos, concentrado en ellos y transmitido a los mayores. Los organismos del plancton tenían alrededor de 5 micrones de insecticida (unas 25 veces el máximo de lo alcanzado nunca en la propia agua); los peces que devoraron el plancton había acumulado, a su vez, de 40 a 300 partes por millón; y las especies carnívoras almacenaron lo máximo.

Uno de éstos, un chorlito marrón, tenía la asombrosa concentración de 2.500 microns. Era la serie de «la casa —que— Juan —edifica», en la que los animales carnívoros grandes se habían comido a los carnívoros pequeños—que se tragaron a los herbívoros —que se engulleron el plancton—que absorbió el veneno del agua.

Pero aún más extraordinarios descubrimientos se hicieron más tarde. No pudo ser hallado ni rastro de DDD en el agua poco después de la última aplicación del producto. Pero la verdad era que el veneno no había salido del agua. Simplemente había pasado al manantial de vida que sustenta el lago. Veintitrés meses después de que cesó el tratamiento químico, seguía conteniendo el plancton 5.3 partes por millón. En este intervalo de cerca de dos años, sucesivas cosechas de plancton habían nacido y se habían extinguido, pero el veneno, aunque ya no presente en el agua, se las había arreglado para pasar de generación a generación.

Y vivía también en los organismos animales del lago. Todos: peces, pájaros, y ranas, examinados un año después de que las aplicaciones químicas cesaron, seguían conteniendo DDD. Y siempre la cantidad hallada en la carne excedía en mucho la de la primitiva concentración del agua. Entre esos seres vivientes había peces que incubaron sus crías nueve meses después de la postrera pulverización de DDD; somormujos y grullas de California que incrementaron la concentración hasta más de 2.000 partes por millón. Entre tanto, las colonias de somormujos anidadas allí, habían disminuido desde más de 1.000 parejas sumadas antes del primer tratamiento de insecticida hasta 30 parejas en 1960. E incluso las treinta parece que han empollado en vano, porque ningún polluelo de somormujo ha sido visto en el lago desde la última aplicación de DDD.

Esta completa cadena de envenenamientos parece, por consiguiente, descansar sobre la base de minúsculas plantas que sin duda han sido los primeros concentradores. Pero ¿qué hay del otro extremo de la cadena de alimentación: el ser humano que, probablemente ignorante de toda esta serie de acontecimientos, ha lanzado su anzuelo y ha cogido una sarta de peces de las aguas de Clear Lake que luego se ha llevado a su casa para freírlos para la cena? ¿Qué puede hacerle una fuerte dosis de DDD, o quizás varias dosis?

Aunque el Departamento de Salud Pública de California declaró no haber hallado peligro, sin embargo, en 1959 dispuso que se interrumpiera el empleo de DDD en el lago. Pero, considerando la evidencia científica de la gran potencia biológica de este producto, la disposición parece una medida de seguridad mínima. El efecto fisiológico del DDD es, probablemente, único entre los insecticidas, porque destruye parte de las cápsulas suprarrenales, las células de cuya capa interior son conocidas como corteza adrenal, que segrega la

adrenalina. Este efecto destructor, conocido desde 1948, se creyó al principio reducido a los perros, porque no fue revelado en los animales de experimentación como ratas, conejos y monos. Pareció sugerir, sin embargo, que el DDD produce en los perros un estado muy semejante al que se presenta en el hombre con la enfermedad de Addison. Investigaciones médicas recientes han revelado que efectivamente el DDD suspende totalmente la función de la corteza adrenal humana. Su capacidad destructora de las células está siendo utilizada ahora clínicamente en el tratamiento de un raro tipo de cáncer que se desarrolla en las cápsulas suprarrenales.

La situación del Clear Lake presenta una cuestión con la que el público debe enfrentarse: ¿es prudente o deseable el uso de sustancias con tan violentos efectos en el proceso fisiológico, para la disminución de insectos, especialmente cuando esas medidas de restricción representan asimismo la introdución del producto químico directamente en el agua? El hecho de que el insecticida se aplique en bajas concentraciones no quiere decir absolutamente nada, ya que su formidable desarrollo a través de la cadena de alimentos naturales del lago ha sido demostrado. No obstante, el caso de Clear Lake es el típico de un grande y creciente número de situaciones en las cuales la solución de un problema obvio y con frecuencia trivial, crea otros mucho más serios, pero también menos tangibles. Aquí el problema fue resuelto en contra de aquellos molestos cínifes y a expensas de un inconcreto, y probablemente ni siquiera comprendido, riesgo para todo aquel que tome alimento o bebida del lago.

Es un hecho asombroso que la deliberada introducción de venenos on un criadero se haya convertido en práctica bastante corriente. La finalidad es promover prácticas recreativas, incluso aunque el agua deba ser manipulada con bastantes gastos para que pueda convertirse en potable además de servir a los fines antedichos. Cuando los deportistas de un lugar quieren «aumentar» el pescado de una alberca consiguen que las autoridades viertan en ella ciertas cantidades de veneno para matar las especies que no interesan, y que a continuación son reemplazadas con crías más adecuadas al gusto de los pescadores. El procedimiento tiene extrañas características de Alicia en el País de las Maravillas La alberca ha sido construida como depósito público de agua y entonces, la comunidad, que probablemente no ha sido consultada acerca del deportivo proyecto, se ve obligada o a beber agua que contenga residuos ponzoñosos o a pagar un impuesto extra para hacer que sea extraído el veneno... intento que no tiene, en modo alguno, garantía de éxito.

Mientras la tierra y las aguas superficiales son contaminadas con plaguicidas y otros productos químicos, están siendo introducidas en los

depósitos públicos de agua, no solo sustancias venenosas, sino productoras del cáncer. El doctor W. C. Hueper, del Instituto Nacional del Cáncer, ha advertido que «el peligro de riesgos cancerosos por el consumo de aguas contaminadas crecerá considerablemente en un previsible porvenir». Y, efectivamente, un estudio hecho en Holanda a principios de 1950, apoya el punto de vista de que las venas de agua contaminada puedan producir el riesgo del cáncer. Las ciudades que reciben de ríos el agua para beber, tienen un alto porcentaje de muertes por cáncer, mayor que el de aquellas cuya agua potable procede de manantiales probablemente menos susceptibles de contaminación, tales como minas. El arsénico, la sustancia que nos rodea más claramente determinada como causante del cáncer en el hombre, está presente en los casos en que los suministros de agua contaminada proporcionaron el despliegue de ese mal. En uno de dichos casos, el arsénico provino del amontonamiento de escorias mineras, en el otro, de rocas con un alto contenido natural de arsénico. Estas cantidades pueden ser duplicadas fácilmente como consecuencia de fuertes aplicaciones de insecticidas arsenicales. El terreno en esas áreas queda envenenado. Después, las lluvias arrastran parte del veneno hasta arroyos, ríos y altercas, así como hasta grandes mares subterráneos en las entrañas de la tierra.

Aquí volvemos a recordar que en la naturaleza nada existe aislado. Para comprender con mayor claridad cómo se está produciendo la contaminación de nuestro mundo, debemos mirar ahora otro recurso básico de la tierra: el mantillo.

5. Los dominios del mantillo



La delgada capa de mantillo que forma una cubierta de retazos extendida sobre los continentes, dirige nuestra existencia propia y la de cada uno de los demás animales de la tierra. Sin mantillo, la vegetación, tal como la conocemos, no podría crecer, y sin vegetación ningún animal sobreviviría.

Pero, aunque nuestra vida, basada en la agricultura, depende del mantillo, es igualmente cierto que el mantillo depende de la vida y que sus verdaderos orígenes y el mantenimiento de su verdadera naturaleza están íntimamente

relacionados con las plantas y los animales vivos. Porque el mantillo es en parte una creación de la vida, nacido de una maravillosa interacción de la existencia y la no existencia hace muchas edades. Sus creadores materiales fueron amalgamados cuando los volcanes los derramaron en temibles arroyos, mientras las aguas, corriendo sobre las desnudas rocas de los continentes, arrastraban lejos hasta los más duros granitos y como cincel de hielo y granizo tallaban y dividían las rocas. Entonces las criaturas vivientes empezaron a hacer su labor, creadora y mágica, y poco a poco aquellos materiales inertes se convirtieron en mantillo. Los líquenes, las primeras vestiduras de los peñascos, colaboraron en el proceso de desintegración por medio de sus secreciones ácidas e hicieron sitio a otras vidas. El musgo formó pequeñas bolsas de simple mantillo, formado por aquellos mismos liquenes, por los caparazones de insectos de vida efímera, por los restos de una fauna que comenzaba a salir de los mares.

La vida no sólo formó el mantillo, sino otras cosas animadas de increíble abundancia y diversidad que ahora existen dentro de él; si esto no fuera así, el mantillo consistiría en algo muerto y estéril. Por medio de su presencia y de sus actividades las miríadas de organismos del mantillo hacen a éste capaz de sostener el gran manto verde de la tierra.

El mantillo existe en estado de cambio permanente. Nuevos materiales aportan su tributo, como rocas desintegradas y restos orgánicos, mientras el nitrógeno y otros gases caen con la lluvia desde los cielos. Al mismo tiempo, van desapareciendo otras materias, recogidas interiormente por seres vivos. Sutiles y enormemente importantes cambios químicos están en constante actividad, transformando elementos derivados del aire y del agua en sustancias adecuadas para uso de las plantas. En todos esos cambios, los organismos vivos son agentes activos.

Pocos estudios hay más subyugadores y al mismo tiempo más desatendidos, que los de los fecundos habitantes que existen en los oscuros dominios del mantillo. Sabemos muy poco de los lazos que unen entre sí a los organismos de esa sustancia con su mundo y con el mundo que tienen encima.

Quizá los organismos más importantes del mantillo sean los más pequeños: los invisibles huéspedes, o sea, las bacterias y los hongos. Las estadísticas de su abundancia nos trasladan en el acto a cifras astronómicas. Una cucharada de café llena de la capa superior del mantillo puede contener billones de bacterias. A pesar de su diminuto tamaño, el peso total de esas bacterias en la capa superior de un solo acre de mantillo fértil puede llegar a ser de miles de libras. Las hileras de hongos que crecen en forma de largos filamentos, son algo menos numerosas que las bacterias, aunque a causa de su mayor tamaño su peso total en una cantidad determinada de mantillo puede ser aproximadamente el mismo. Con las

pequeñas células verdes llamadas algas, esas microscópicas plantas viven en el mantillo.

La bacteria, el hongo y el alga son los principales agentes de la degeneración, ya que reducen los residuos de plantas y animales a sus componentes minerales. Los vastos movimientos cíclicos de los elementos químicos como el carbono y el nitrógeno a través del mantillo, el aire y los tejidos vivos, no pueden producirse sin esas microplantas. Sin la bacteria que fija el nitrógeno, por ejemplo, las plantas se consumirían por falta del mismo, aunque rodeadas por un océano de aire cargado de nitrógeno. Otros organismos forman el dióxido de carbono, el cual, como ácido carbónico, ayuda a disolver la roca. Otros microorganismos del mantillo, además, producen varias oxidaciones y reducciones, mediante las cuales, minerales como el hierro, el manganeso y el sulfuro se transforman y son útiles a las plantas.

También están presentes en número prodigioso gorgojos microscópicos y unos rudimentarios insectos sin alas llamados saltones de primavera. A pesar de su pequeño tamaño desempeñan una labor importantísima al destruir los residuos de las plantas, colaborando en la lenta transformación de la piedra del bosque en mantillo. La capacidad para su tarea de algunas de esas diminutas criaturas es casi increíble. Varias especies de gorgojos, por ejemplo, sólo pueden empezar a vivir en las caídas agujas de los abetos. Abrigados allí, van comiéndose los tejidos interiores de la aguja. Cuando el gorgojo ha terminado su desarrollo, sólo queda la cáscara exterior. La tarea, auténticamente vertiginosa, de entendérselas con el tremendo amontonamiento de materia vegetal en la anual caída de las hojas, corresponde a algunos de los pequeños insectos del mantillo de los bosques. Aquéllos, maceran y digieren las hojas y colaboran en mezclar las materias descompuestas en la superficie del mantillo.

Además de toda esa horda de minúsculas pero incesantemente laboriosas criaturas, existen, desde luego, muchos seres mayores, porque la vida del mantillo va desde la bacteria hasta el mamífero. Algunos son habitantes permanentes de las oscuras capas inferiores; otros permanecen hibernados o pasan determinadas partes del ciclo de su vida en cámaras subterráneas y otros van y vienen libremente entre sus habitáculos y el mundo superior. En general, la finalidad de toda esta vida del mantillo es la de airearlo y aumentar tanto su drenaje como la penetración del agua a través del manto de *vegetación* acumulada.

De entre todos los habitantes mayores del mantillo, probablemente ninguno es más importante que la lombriz de tierra. Hace alrededor de tres cuartos de siglo, Carlos Darwin publicó un libro titulado «La formación del humus a través de la acción de las lombrices, con observaciones acerca de sus costumbres». En

él, daba al mundo la primera idea del papel fundamental de las lombrices de tierra como *agentes geológicos* para el transporte del mantillo, un cuadro de cómo la superficie de las rocas va siendo cubierta gradualmente por finísimo humus, subido desde capas inferiores de la tierra por las lombrices en cantidades anuales que oscilan entre varias toneladas por acre en las extensiones más favorables. Al mismo tiempo, cantidades de materias orgánicas conteniendo hojas y hierba (unas 20 libras por metro cuadrado en seis meses) son arrastradas a los nidos e incorporadas al mantillo. Los cálculos de Darwin demostraban que el trabajo de las lombrices podía añadir una capa de humus de varios centímetros de espesor en un período de diez años. Y esto no es, ni mucho menos, todo lo que pueden hacer: sus nidos airean el mantillo, lo mantienen bien humedecido y contribuyen a la penetración de las raíces de las plantas. La presencia de lombrices aumenta la potencia del nitro de las bacterias del mantillo y disminuye su putrefacción. Las sustancias orgánicas se disuelven cuando pasan a través del aparato digestivo de las lombrices y el mantillo se enriquece con sus productos excretorios.

Esta comunidad existente en el mantillo, consiste pues en una trama de vidas, emparentadas de un modo u otro entre sí; los seres vivos dependen del mantillo, pero el mantillo, a su vez, es un elemento vital de la tierra sólo en tanto florezca en su interior esta comunidad.

El problema que nos atañe a nosotros aquí es algo que ha recibido poca consideración; ¿qué les sucede a estos habitantes, increíblemente numerosos y vitalmente necesarios del mantillo, cuando productos químicos venenosos son vertidos sobre su mundo, bien directamente como «esterilizantes» del mantillo o bien traídos por la lluvia que ha recogido una contaminación letal, y filtrados a través de la capa de hojas del bosque, del huerto o de las cosechas? ¿Es razonable suponer que podemos aplicar una amplia gama de insecticidas para matar los nidos de larvas de un insecto destructor de cosechas, por ejemplo, sin destruir también los «buenos», cuya función puede ser esencial en la transformación de materias orgánicas? ¿Podemos emplear un fungicida no específico sin matar asimismo los hongos que habitan en las raíces de muchos árboles en benéfica asociación que ayuda al árbol a extraer materias nutritivas del mantillo?

La verdad lisa y llana es que este asunto, de importancia vital, de la ecología del mantillo, ha sido abandonado largamente incluso por los científicos, y casi completamente ignorado por los encargados de la vigilancia de la tierra. La limitación química de los insectos parece proceder de la creencia de que el mantillo puede aguantar cualquier proporción de atropellos por medio de la infiltración de venenos, sin destruirse. La verdadera naturaleza de ese mundo ha

sido totalmente ignorada.

Un cuadro de los efectos de los plaguicidas en el mantillo está saliendo poco a poco a flote procedente de los pocos estudios que se han hecho. No es sorprendente que esos estudios no estén siempre de acuerdo, porque los tipos de mantillo varían de tal modo que lo que causa estragos en uno puede ser innocuo en otro. Los mantillos ligeramente arenosos sufren mucho más que los de tipo humus. Las combinaciones de productos químicos parecen causar más daño que las aplicaciones separadas. Pero, a despecho de esa variedad de resultados, se está acumulando una sólida evidencia de perjuicios en general, lo bastante segura para causar preocupaciones por parte de muchos científicos.

Bajo ciertas condiciones, todas las transformaciones y conversiones químicas que están latentes en el corazón mismo del mundo vivo, se encuentran afectadas. Un ejemplo de esto es la nitrificación, que hace al nitrógeno atmosférico útil a las plantas. El herbicida 2,4-D causa interrupciones interinas en la nitrificación. En recientes experimentos en Florida, el lindane, el heptacloro y el BHC (hexacloro-benceno) han demostrado reducir la nitrificación después de sólo dos semanas en el mantillo; el BHC y el DDT tienen efectos dañinos muy significativos un año después de haber sido aplicados. En otros experimentos, todos, el BHC, el aldrín, el lindane, el heptacloro y el DDT impidieron a la bacteria fijadora del nitrógeno que formase los necesarios nódulos en la raíces de plantas leguminosas. La curiosa y benéfica relación entre los hongos y las raíces de plantas más altas está seriamente interrumpida.

A veces el problema afecta el delicado equilibrio entre habitantes que sirven a la naturaleza para realizar fines lejanos. Se han producido explosivos aumentos de ciertas clases de organismos existentes en el mantillo, mientras otros han sido reducidos por los insecticidas, trastornando las relaciones entre ellos y cambiándolos de exterminadores en exterminados. Cambios semejantes pueden alterar fácilmente la actividad metabólica del mantillo y afectar su productividad. También pueden significar que los organismos potencialmente peligrosos, y anteriormente mantenidos en los límites necesarios, podrían escapar a sus naturales reductores y crecer hasta convertirse en epidemias para grandes regiones.

Una de las cosas más importantes que deben recordarse acerca de los insecticidas en el mantillo es su larga persistencia, medida no en meses, sino en años. El aldrín se ha encontrado después de cuatro años, tanto en su forma corriente como convertido en dieldrín. Varios toxafenes permanecen en el mantillo arenoso diez años después de su aplicación para matar termitas. El hexaclorobenceno se conserva por lo menos durante once años; el heptacloro o

tóxicos más violentos de derivados químicos, lo menos nueve. El cloruro se ha recuperado doce años después de su aplicación en la proporción del 15 por ciento respecto a la cantidad primitiva.

Aplicaciones aparentemente moderadas de insecticidas en determinado período de tiempo, pueden convertirse en el mantillo en cantidades increíbles. Como los hidrocarburos clorados son persistentes y de gran duración, cada aplicación es simplemente una más añadida a lo que perdura de la primera. El viejo cuento de que «una libra de DDT por acre es inofensivo», no significa nada si las pulverizaciones son repetidas. El mantillo de las patatas se ha encontrado conteniendo 15 libras de DDT por acre y el mantillo del maíz 19. Una extensión de arándanos sometida a estudio contenía 34.5 libras por acre. El mantillo de los huertos de manzanos parece alcanzar la cúspide de la contaminación con tal almacenamiento de DDT en proporción que casi está a la par del porcentaje de sus aplicaciones anuales. Incluso en una sola estación, con los huertos pulverizados cuatro veces o más, los residuos de DDT pueden crecer hasta alcanzar de 30 a 50 libras. Con repetidas pulverizaciones durante años, el nivel entre árboles es de 26 a 60 libras por acre, mientras que bajo los árboles llega a 113 libras.

El arsénico representa un ejemplo clásico de la permanencia de venenos en el mantillo. Aunque las pulverizaciones de arsénico en las plantaciones de tabaco han sido ampliamente sustituidas por los insecticidas orgánicos sintéticos desde mediados de 1940, «*el contenido de arsénico de los cigarrillos hechos con tabaco cultivado en Norteamérica creció en más del 300 por ciento entre los años 1932 y 1952*. Posteriores estudios han revelado aumentos de hasta el 600 por ciento. El doctor Henry S. Satterlee, una autoridad en toxicología arsenical, dice que aunque los insecticidas orgánicos han sustituido en gran escala al arsénico, las plantas de tabaco continúan recogiendo el veneno anterior, porque el mantillo de las plantaciones de tabaco está ahora totalmente impregnado de residuos de un fuerte y relativamente indisoluble arseniato de plomo. Esto continuará hasta que se disuelva el arsénico poco a poco. El mantillo de una gran proporción de tierra plantada de tabaco ha sido sujeto a «envenenamiento acumulativo y permanentemente vertido», según el doctor Satterlee. El tabaco nacido en los territorios del Mediterráneo oriental, donde no se emplean insecticidas arsenicales, ha mostrado no poseer tal cantidad de contenido arsenical.

Estamos, por consiguiente, enfrentados a un segundo problema. No sólo debemos de sentirnos preocupados con lo que está sucediendo en el mantillo, sino que debemos averiguar hasta qué punto son absorbidos los insecticidas de mantillos contaminados y traspasados a los tejidos de las plantas. Mucho

depende de la clase de mantillo, de la cosecha y de la naturaleza y concentración de los insecticidas. El mantillo que contiene alto porcentaje de materias orgánicas deja escapar cantidades más pequeñas de veneno que los otros. Las zanahorias absorben más insecticida que cualquier otro de los cultivos estudiados; si el producto químico usado resulta ser el lindane, las zanahorias acumularán realmente concentraciones más altas que las que se hallan presentes en el mantillo. En el futuro puede presentarse la necesidad de analizar los mantillos desde el punto de vista de los insecticidas, antes de plantar determinadas cosechas alimenticias. Por otra parte, incluso las plantaciones no pulverizadas pueden absorber insecticida, simplemente del mantillo, en cantidades suficientes para hacerlas inadecuadas para su venta.

Esta misma clase de contaminación ha creado problemas sin fin, porque por lo menos una fábrica de primer orden, destinada a la preparación de alimentos para bebés, no ha querido comprar ninguna clase de frutas ni verduras en las que se hubieran aplicado insecticidas tóxicos. El producto que les ha causado mayores preocupaciones ha sido el hexacloro benceno (BHC), que se ha hallado en las raíces y ramas de las plantas y cuya presencia es advertida por un sabor y olor marcadamente rancios. Las batatas cultivadas en California, en campos donde había sido empleado BHC dos años antes, contenían residuos y han tenido que ser desechadas. En un año, tiempo por el que la entidad contrató en Carolina del Sur el suministro de todas sus necesidades de batatas, se encontró contaminado tal cantidad de terreno, que la Compañía se vio forzada a adquirir el producto agrícola en mercado abierto, con una pérdida económica considerable. En unos años, gran variedad de frutas y verduras cultivadas en diversos Estados han tenido que ser desechadas. Los problemas más sensacionales se refieren a los cacahuetes. En los Estados del Sur se cultivan los cacahuetes generalmente en rotación con el algodón, en el cual se emplea abundantemente el BHC. Los cacahuetes crecidos más tarde en este terreno, recogen una cantidad considerable del insecticida. Realmente basta con un poco para incorporar el olor y el sabor a rancio acusadores. El producto químico penetra en las semillas y nada lo hace desaparecer. Cualquier manipulación para quitarle el enmohecimiento, lo único que consigue a veces es acentuárselo. El único recurso que se presenta a una determinada fábrica para eliminar los residuos de BHC es rechazar todo producto tratado con aquel insecticida o crecido en terreno contaminado con él.

A veces la amenaza se presenta contra la propia cosecha... una amenaza que subsiste mientras la contaminación insecticida permanece en el terreno. Algunos insecticidas afectan a plantas sensibles como las alubias, el trigo, la cebada y el centeno, retrasando el desarrollo de las raíces, o deteniendo el desarrollo de las

semillas. La experiencia de los cultivadores de lúpulo en Idaho es un ejemplo. Durante la primavera de 1955, muchos de esos cosecheros emprendieron un programa en gran escala para disminuir el gorgojo de la fresa, cuyas larvas habían proliferado en las raíces del lúpulo. Bajo el consejo de expertos en agricultura y de fabricantes de insecticidas, escogieron el heptacloro como elemento limitador del insecto. Al cabo de un año, de haber aplicado el heptacloro, las plantas de los campos pulverizados estaban marchitas y moribundas. En los campos donde no se había aplicado el tratamiento no había problema; el mal se detuvo al borde de los terrenos pulverizados y sin pulverizar. Las colinas fueron replantadas con grandes dispendios, pero al otro año, los nuevos tallos también se encontraron moribundos. Cuatro años después, el terreno continuaba todavía conteniendo heptacloro, y los científicos eran incapaces de predecir por cuánto tiempo permanecería envenenado ni de recomendar algún procedimiento que corrigiera aquella situación. El Departamento Federal de Agricultura, que hasta marzo de 1959 se hallaba todavía en la anómala postura de declarar el heptacloro aceptable para emplearlo en forma de tratamiento del abono del lúpulo, rectificó tardíamente su prescripción para semejante uso. Entretanto, los cultivadores de lúpulo estudiaban cómo podrían obtener alguna reparación en los tribunales.

Como las aplicaciones de plaguicidas continúan y los residuos, virtualmente indestructibles, siguen creciendo en el mantillo, es casi seguro que nos estamos encaminando a grandes tribulaciones. Este fue el acuerdo a que llegó un grupo de especialistas que se reunió en la Universidad de Siracusa en 1960 para estudiar la ecología del mantillo. Estos hombres resumieron el peligro del empleo de «tan poderosos y apenas conocidos elementos» tales como los productos químicos y las radiaciones: «Unos cuantos pasos en falso por parte del hombre pueden conducimos a la destrucción de la productividad de la tierra, mientras que los artrópodos pueden quedar indemnes.»

6. El manto verde de la tierra



El agua, el mantillo y el manto verde de las plantas que cubren la tierra forman el mundo que abastece la vida animal. Aunque el hombre moderno recuerda rara vez el hecho, la verdad es que no podría existir sin las plantas que modifican la energía solar y fabrican los alimentos básicos de los que depende para subsistir. Nuestra actitud para con las plantas es singularmente estrecha de miras. Si vemos una inmediata utilidad en ellas las criamos. Si, por cualquier razón, estimamos indeseable su presencia o simplemente nos resulta indiferente, podemos condenarlas a la destrucción. Además de las diferentes plantas que son ponzoñosas para el hombre o para su género de vida, o que se apiñan entre las alimenticias, muchas son destinadas a la destrucción simplemente porque, según

el estrecho punto de vista de los humanos, están situadas en mal lugar y en ocasión inadecuada. Muchas otras se suprimen porque resultan emparentadas con plantas indeseables.

La vegetación de la tierra forma parte de una trama vital en la que hay íntimas relaciones entre unas y otras plantas y entre plantas y animales. Algunas veces no podemos escoger sino el estorbar tales relaciones, pero eso debe de hacerse cuidadosamente, con pleno conocimiento de que lo que intentamos puede tener consecuencias remotas en tiempo y en lugar. Sin embargo, tal humildad no es la característica del violento «matamalezas», negocio de nuestros días, en los que las ventas en gran escala y los usos en gran extensión marcan la producción de las sustancias químicas herbicidas.

Uno de los ejemplos más trágicos de nuestro irreflexivo destrozo de la vegetación puede encontrarse en las tierras llanas de malezas del Oeste, donde está en marcha una campaña para destruir los jarales y sustituirlos por pastos. Si alguna empresa ha necesitado alguna vez ir iluminada por un sentido de la historia y por la comprensión de lo que es la vegetación, es ésta. Porque aquí, la vegetación natural es bastante elocuente respecto al entramado de las fuerzas que la han creado. Ante nosotros se extiende como las páginas de un libro abierto en el que podemos leer por qué la tierra es lo que es, y cómo debemos preservar su integridad. Pero las páginas permanecen indescifradas.

La tierra de los matorrales es la tierra de las altas planicies del Oeste y de las profundas laderas de las montañas que se elevan por encima, una tierra nacida del gran plegamiento del sistema de las Montañas Rocosas, hace muchos millones de años. Es un lugar de clima extremado: largos inviernos en los que las heladas bajan de las montañas y la nieve se extiende en gruesas capas sobre las llanuras, de veranos cuyo calor sólo es aliviado por escasas lluvias, con la sequía mordiendo profundamente en el terreno y los secos vientos robando la humedad de las hojas y de los tallos.

Mientras la campiña iba transformándose, debió haber un largo período de intentos y rectificaciones durante el cual las plantas trataron de colonizar aquella alta y seca tierra. Unas tras otras debieron fracasar. Por fin, un grupo de vegetación consiguió desenvolverse, una vegetación que reunía todas las cualidades necesarias para sobrevivir. Las malezas —bajas y espesas— pudieron mantenerse en las laderas de los montes y en las llanuras, y dentro de sus pequeñas hojas grises les fue posible conservar humedad suficiente para desafiar los acres vendavales. No fue casualidad, sino más bien el resultado de largas edades de experimentaciones verificadas por la naturaleza, lo que hizo que las grandes planicies del Oeste se convirtieran en las tierras de los jarales.

Al mismo tiempo que las plantas, la vida animal fue desenvolviéndose

también, en armonía con los requerimientos de la tierra. A su hora hubo dos criaturas tan perfectamente acordes con su medio ambiente como la maleza. Una fue un mamífero, el flexible y gracioso antílope. La otra un pájaro, la perdiz blanca de los jarales: el «gallo de las llanuras» de Lewis y Clark.

La maleza y la perdiz parecen hechas la una para la otra. La esfera de actividad primitiva del ave coincidió con la de la maleza, y cuando éstas se redujeron, empezaron también a disminuir aquéllas. Los jarales y los matojos lo son todo para esos pájaros de las planicies. Los zarzales bajos de las faldas de las colinas, abrigan sus nidos y a sus polluelos; los espesos jarales, más densos y crecidos, son lugares de reunión y recreo de las aves. En todo tiempo, las malezas proveen al alimento de la perdiz. Porque existen dos clases de relaciones: el espectacular celo que despliega el pájaro ayuda ampliamente al mantillo que existe debajo y alrededor de las zarzas y colabora a la invasión de la hierba que crece al abrigo de los arbustos.

El antílope también ha ajustado su vida a la maleza. Al principio era un animal de las llanuras, y en invierno, cuando llegaban las primeras nieves, los que habían escalado las montañas bajaban hasta elevaciones más pequeñas. Aquí la vegetación les proporcionaba el alimento que les permitía resistir la invernada. Cuando todas las otras plantas tenían secas las hojas, las malezas se mantenían perennes, y los órganos verde grisáceos amargos, aromáticos, ricos en proteínas, en grasas y en los minerales necesarios, bordeaban las espesas y salvajes matas. Aunque las nieves se apilaran encima, la cúspide de los jarales continuaba enhiesta o podía ser descubierta por las finas y ágiles patas de los antílopes. También las perdices se alimentaban de ellos, encontrándolos entre las desnudas rocas batidas por el viento o siguiendo a tos antílopes para comer en los sitios en que éstos habían escarbado la nieve.

Aún otro ser rebusca en las malezas: el venado se alimenta con frecuencia de ellas. La astucia puede significar la supervivencia en el medio ambiente invernal. El venado pasta en muchos lugares en que el invierno sólo deja los fuertes tallos de los jarales. Durante medio año éstos son el principal forraje, plantas de alto valor alimenticio, incluso mayor que el de la alfalfa.

Las amargas altiplanicies, los yermos rojizos de los jarales, el salvaje y veloz antílope y la perdiz, constituyen, pues, un sistema natural en perfecto equilibrio. ¿Lo están? El tiempo del verbo debe cambiarse, por lo menos en esas grandes y crecientes extensiones, donde el hombre está tratando de entremeterse en el camino de la naturaleza. En nombre del progreso de la tierra las oficinas de administración están organizando las cosas para satisfacer las insaciables demandas de los ganaderos que desean más terrenos para pastos. Por pastos entienden herbazales —hierba sin mantillo. Así, en un territorio que la

naturaleza ha considerado adecuado para que la hierba crezca mezclada con y bajo el abrigo de la maleza, se proponen ahora eliminar los jarales y crear pastos sin interrupción. Pocos parecen haberse preocupado de si los herbazales son permanente y deseable meta de esta región. Y lo cierto es que la naturaleza ha dado una respuesta muy diferente. Las precipitaciones anuales de esta circunscripción, donde llueve rara vez, no son bastantes para proporcionar humedad suficiente para la formación de prados; allí se forman más bien los herbazales perennes que crecen al abrigo de los matorrales.

Sin embargo, el programa para la extirpación de las malezas está en marcha desde hace unos cuantos años. Diversas oficinas del Gobierno muestran mucha actividad en ello; la industria se ha unido con entusiasmo para promover y alentar una empresa que crea extensos mercados, no sólo para crear pastizales, sino para la fabricación de una serie de máquinas destinadas a segar, arar y sembrar; la última adición a tales instrumentos y herramientas es el uso de pulverizaciones químicas. Ahora, cada año se pulverizan millones de kilómetros de tierras incultas.

¿Cuáles son los resultados? Existen las más diversas conjeturas respecto a los efectos que puede producir la eliminación de matorrales y la siembra de césped. Hombres con larga experiencia respecto a la marcha de la naturaleza dicen que en esta región es mejor el desarrollo de la hierba entre y bajo los jarales que lo que posiblemente puede resultar de aquélla en exclusiva, una vez haya desaparecido la maleza que retiene la humedad.

Pero incluso si el programa tiene éxito en su objetivo inmediato, está claro que la totalidad del tejido cerrado que constituye la producción de la vida quedará interrumpido. El antílope y la perdiz desaparecerán al mismo tiempo que los matorrales. También sufrirán los venados, mientras que la tierra se empobrecerá con la destrucción de los seres salvajes que le pertenecen. Incluso el ganado, al que se pretende beneficiar, sufrirá más perjuicios que otra cosa; ninguna cantidad apreciable de verde y jugosa hierba podrá impedir la inanición de las ovejas durante las tempestades invernales, por falta de matojos y jarales y demás vegetación salvaje de las llanuras.

Estos son los primeros y obvios efectos. El segundo es de una índole que siempre va asociada a la irrupción violenta en la naturaleza: las pulverizaciones también eliminan una gran variedad de plantas que no se pretende destruir. El juez William O. Douglas, en su reciente libro «Mi yermo: al Este de Katahdin», refiere un aterrador ejemplo de destrucción ecológica ocasionada por el Servicio de Bosques de Estados Unidos en la Selva Nacional Bridger de Wyoming. Unos 10.000 acres de malezas fueron pulverizados por dicho Servicio, accediendo a las presiones de ganaderos que deseaban más extensiones de pastos. Las malezas

fueron destruidas, tal como se quería. Pero también lo fueron las verdes y sanas filas de mimbreras que seguían el borde de los arroyos a lo largo de las riberas. Los alces habían vivido de esos espesos mimbres, porque dichas plantas son al alce lo que los jarales al antílope. También los castores habitaban allí, alimentándose de las mimbreras, protegiéndose en ellas y construyendo un fuerte embalse a lo largo del minúsculo arroyo. Mediante el trabajo de los castores llegó a formarse un verdadero lago. Las truchas de los ríos de las montañas miden rara vez algo más de quince centímetros; en aquel lago llegaron a crecer tan prodigiosamente que muchas dieron un peso de cinco libras. Las aves acuáticas también fueron atraídas por el lago. Y por la simple labor de los castores y de las mimbreras que los alimentaban, la región era un lugar atractivo y ameno con excelente pescado y buena caza.

Pero con el «incremento» establecido por el Servicio de Bosques, las mimbreras siguieron el camino de las malezas, matadas por idénticas e imparciales pulverizaciones. Cuando el juez Douglas visitó el lugar en 1959, el año de dichos riegos, quedó consternado al ver el marchito y moribundo paisaje... el «vasto, increíble destrozo». ¿Qué sucedió con los alces? ¿Qué fue de los castores y del pequeño mundo que habían construido? Un año después regresó el juez para leer la respuesta en la devastada región. Los alces habían desaparecido, así como los castores. Su dique principal había sido destruido por falta de reparaciones de sus fugitivos arquitectos, y el lago se había secado. No quedó ni una de las grandes truchas. Ni una siquiera pudo sobrevivir en el delgado arroyo que se abría paso a través de una desnuda y abrasada tierra donde no quedaba ni una sombra. El mundo vivo se había desmenuzado.

Además de cuatro millones de acres de tierras para pastizales que se pulverizan cada año, tremendas extensiones de otro tipo son también recipientes potenciales o efectivos de tratamientos químicos para control de la maleza. Por ejemplo, un área mayor que toda la de Nueva Inglaterra —unos 50 millones de acres— se encuentra bajo la dirección de corporaciones mercantiles y buena parte de ella es sometida a la «limitación de las malezas». En el sudoeste, alrededor de 75 millones de acres de tierras cubiertas de mezquites requieren organización por uno u otro sistema y las pulverizaciones químicas son el método más activamente empleado. Una cantidad desconocida, pero desde luego muy grande, de tierras madereras, está siendo ahora pulverizada por un sistema aéreo para «desyerbar» las maderas duras desde las coníferas más resistentes a las pulverizaciones. El tratamiento de las tierras agrícolas con herbicidas, se duplicó en la década siguiente a 1949, totalizando 53 millones de acres en 1959. Y las extensiones combinadas de césped en parques particulares y terrenos de

golf que ahora están sometidas al mismo tratamiento, deben alcanzar cifras astronómicas.

Los herbicidas químicos son ahora un juguete divertido. Trabajan de un modo espectacular; dan un vertiginoso sentido de poder sobre la naturaleza a los que los emplean, y en lo concerniente a efectos a largo plazo... son fácilmente desechados de la imaginación y dejados para que los piensen los pesimistas. Los «ingenieros agrícolas» hablan alegremente de «los productos químicos herbicidas» en un mundo en el que urge convertir los pulverizadores en cañones para lanzar los productos. Las fuerzas vivas de un millar de ciudades prestan oído atento a los vendedores de productos y a los que están dispuestos a contratar sus servicios para recorrer los lugares en que crecen las malezas para destruirlas... por un precio convenido. Esto es más barato que segarlas, es la consigna. Así, quizá, aparece en las limpias columnas de cifras de los libros oficiales; pero donde se registren los verdaderos costos, los costos, no sólo en dólares, sino en otras muchas cosas igualmente valiosas, no tardaremos en poder apuntar que toda la propaganda radiodifundida de productos químicos resulta mucho más cara en dinero tanto como en daños enormes, a largo plazo, a la integridad de la tierra y a toda la variedad de intereses que dependen de ella.

Tómese como ejemplo de esa comodidad justipreciada por cada Cámara de Comercio respecto a la tierra, el buen resultado de las vacaciones turísticas. Existe un coro, que va en rápido aumento, de protestas airadas contra la desfiguración de los bordes de los caminos, antaño tan bellos, por la utilización de las pulverizaciones químicas, que sustituyen la hermosura del tomillo y de las flores silvestres, de los matorrales adornados con campanillas o con bayas, por una seca y agostada vegetación parduzca. «Estamos haciendo un revoltijo sucio, grisáceo y de aspecto moribundo a lo largo de nuestros caminos», escribió con enojo a su periódico una mujer de Nueva Inglaterra. «No es esto lo que los turistas esperan, después de gastarnos un dineral en hacer publicidad del bello panorama.»

En el verano de 1960, los contribuyentes a la conservación de varios Estados, se reunieron en una apacible isla del Maine para asistir a su presentación por el propietario, Millicent Todd Bingham, a la Sociedad Nacional Audubon. El tema de aquel día era la preservación del territorio natural y del intrincado tejido vital cuyos hilos van desde el microbio hasta el hombre. Pero como fondo de todas las conversaciones entre los visitantes de la isla, estaba la indignación por el destrozo de los caminos que habían atravesado. Antaño había sido una gloria seguirlos a través de bosques de un verde perenne, entre matas de bayas y de helechos, de alisos y gayubas. Ahora todo era parda desolación. Uno de los asistentes escribió de aquella peregrinación del mes de agosto a una isla

del Maine: «Regresé... Saña y profanación en los caminos del Maine. Donde, en años anteriores, las carreteras estaban bordeadas de flores silvestres y de amenos arbustos, había únicamente los restos de vegetación muerta durante millas y millas... Como pregunta interesada: ¿puede el Estado de Maine afrontar la pérdida del interés turístico, pérdida a que induce semejante espectáculo?»

Los caminos del Maine son un simple ejemplo, aunque particularmente triste para aquellos de nosotros que hemos sentido profundo amor hacia la belleza de ese Estado y que sentimos la insensata destrucción que se está llevando a efecto, en nombre de la limitación de las malezas de los caminos, a través de toda la nación.

Los técnicos del Jardín Botánico de Connecticut declaran que la eliminación de los bellos arbustos y flores silvestres ha alcanzado la proporción de una «crisis de carreteras». Azaleas, laureles, bayas azules, gayubas, viburnos, cornejos, cantueso, melisa, orégano, aliagas, orozuces, pirolas y ciruelos salvajes están muriendo ante el ataque químico. Y lo mismo les sucede a las margaritas, campanillas, retamas, asteres y espuelas de caballero que dan gracia y belleza al paisaje.

No solamente está mal planeado el sistema de pulverizaciones, sino que se aplica con abusos como los siguientes: en una ciudad del sur de Nueva Inglaterra, un encargado del riego terminó su tarea con algún remanente del producto en el tanque. Ni corto ni perezoso lo descargó en la cuneta de la carretera, a lo largo de la vegetación que crecía por allí, donde no habían sido autorizadas las pulverizaciones. Como resultado de esto, la colectividad perdió aquella belleza que le otorgaban el azul y el dorado otoñales de sus caminos, donde los asteres y los codesos desplegaban su colorido, digno de hacer un desplazamiento sólo para verlo. En otra región de Nueva Inglaterra un conductor cambió las especificaciones que le habían dado para las pulverizaciones y sin conocimiento del Departamento roció la vegetación que se extendía al borde de la carretera hasta una anchura de ocho pies en vez de los cuatro que le encargaron, dejando un ancho y desfigurado cinturón de color pardo. En una colectividad de Massachusetts, los empleados municipales contrataron un herbicida a un celoso vendedor, sin saber que el producto contenía arsénico.

El resultado de la rociada fue la muerte de una docena de vacas, envenenadas con arsénico.

Los árboles que se encuentran en el recinto del Jardín Botánico de Connecticut quedaron seriamente dañados cuando la ciudad de Waterford pulverizó a lo largo de los caminos con herbicidas químicos en 1957. Incluso grandes árboles que no habían sido rociados directamente, quedaron afectados. Las hojas de las encinas empezaron a arrollarse y a ponerse pardas, aunque era la

estación del florecimiento primaveral. Después nuevos retoños empezaron a crecer con anormal rapidez, dando una apariencia colgante a los árboles. Dos estaciones más tarde, grandes ramas de dichos árboles habían muerto, otras estaban sin hojas y persistía el efecto de deformación.

Yo conozco bien una extensión de cierto camino al que la naturaleza ha provisto de un paisaje ribeteado de alisos, viburnos, helechos y enebros con tonos cambiantes en las diferentes estaciones, que iban desde el brillante colorido de las flores hasta el de las frutas que colgaban en enjoyados racimos por otoño. El camino no tiene que soportar el tráfico de pesados camiones; hay pocas curvas cerradas o intersecciones donde la vegetación pudiera obstruir la visibilidad del conductor. Pero los fumigadores lo tomaron por su cuenta y en la extensión de varias millas aquel camino se convirtió en algo por donde debía pasarse rápidamente, en un panorama que había que soportar con la mente cerrada a todo pensamiento sobre el estéril y repugnante mundo que estamos permitiendo que nos fabriquen los técnicos. Pero aquí y allá la autoridad ha trompicado a veces y por un incomprensible descuido hay oasis de belleza entre la austera y reglamentada vigilancia... oasis que hacen más insoportable lo desgraciado de la mayor parte del camino. En tales lugares, mi espíritu se ha sentido elevado a la vista de los manojos de tréboles blancos o de los almohadones de arvejas color púrpura, alternados acá y allá por el flamígero cáliz de un lirio de los bosques.

Tales plantas son «malezas» sólo para los que hacen negocio vendiendo y aplicando productos químicos. En un volumen de «Procedimientos», resumen de conferencias sobre reducción de malezas que ahora se han convertido en instituciones regulares, leí una vez una extraordinaria declaración debida a la filosofía de un herboricida. El autor, defendiendo la destrucción de plantas benéficas, decía que era «sencillamente porque están en mala compañía». Los que se quejan por la supresión de flores silvestres a lo largo de los caminos, le recordaban —decía— a los antiviviseccionistas «a los que, a juzgar por sus actos, la vida de un can vagabundo les parece más sagrada que la de los niños».

Al autor de esos papeles le pareceremos muchos de nosotros indiscutiblemente sospechosos, convictos de alguna profunda perversión del carácter, porque preferimos el espectáculo de los tréboles y las áfacas y los lirios de los bosques en toda su delicada e impresionante belleza al de los caminos requemados como por el fuego, la vegetación negruzca y quebradiza, el helecho, que antes elevó su orgulloso tallo, ahora agostado y caído. Le pareceremos deplorablemente débiles por ser capaces de tolerar la vista de tales «malezas», porque no disfrutemos con su extirpación, porque no nos sintamos exultantes de que el hombre haya triunfado, una vez más, sobre la picara naturaleza.

El juez Douglas cuenta que, asistiendo a una reunión oficial de agricultores que discutían protestas presentadas por ciudadanos contra planes de fumigación de malezas, de los que he hablado antes, en este mismo capítulo, presenció cómo consideraban aquellos hombres graciosos hasta la hilaridad que una vieja señora se opusiera a dichos planes porque las flores silvestres iban a ser destruidas.

—Sin embargo ¿no tiene ella el mismo derecho a buscar una azucena ribeteada o un lirio salpicado que el que posee inalienablemente el ganadero a buscar hierba o el maderero a buscar árboles? —preguntó aquel humano y comprensivo jurista—. Los valores estéticos de la naturaleza salvaje son nuestra herencia, tanto como las vetas de cobre y oro de nuestras montañas y los bosques de nuestras colinas.

Pero el deseo de preservar la vegetación silvestre de nuestros caminos encierra algo más que esas consideraciones estéticas. En la economía de la vida natural dicha vegetación tiene un lugar esencial. Los setos vivos a lo largo de las carreteras proveen de alimentos, de abrigo y de espacios para anidar a los pájaros y de cobijo a muchos animalillos. De unas 70 variedades de arbustos y enredaderas que son especies características sólo en los estados del Este, alrededor de 65 son importantes como alimento para las criaturas salvajes.

Esa vegetación es también el cobijo de abejas silvestres y de otros insectos transmisores del polen. El hombre depende más de esos animales que lo que él sabe generalmente. Incluso el propio campesino comprende rara vez el valor de esas abejas silvestres y participa con frecuencia en las mismas medidas que le privan a él de sus servicios. Algunas cosechas y muchas plantas silvestres dependen en parte o totalmente de la actividad de las abejas. Unas 100 especies de estos insectos toman parte en el traslado del polen a campos cultivados. Sólo las flores de la alfalfa son visitadas por esas 100 especies. Sin la fecundación de los insectos mencionados, la mayor parte del mantillo sustentador y del mantillo enriquecedor de las plantas de los espacios sin cultivo morirían, con las consecuencias posteriores para la ecología del total de la región. Muchas hierbas, arbustos y árboles de bosques y llanuras dependen de los insectos para su reproducción; sin esas plantas, muchos animales salvajes y otros que viven en extensas áreas de pastos encontrarían muy poco alimento. Ahora, el cultivo aséptico y la destrucción química de malezas están eliminando los últimos refugios de esos insectos fecundantes y rompiendo los lazos que unen vidas con vidas.

Esos insectos, tan esenciales para nuestra agricultura e, indudablemente, para nuestros territorios, como sabemos bien, merecen algo mejor de nosotros que la insensata destrucción de su medio ambiente. Las abejas melificadoras y las abejas silvestres dependen de «malezas» como los codesos, la mostaza y el

«diente de león» para extraer el polen que sirve de alimento a sus crías. La alverja provee de esencial forraje de primavera a las abejas, antes de que haya florecido la alfalfa, preparándolas en esa temprana estación de modo que estén dispuestas más tarde a fecundar la alfalfa. En otoño dependen del «diente de león», durante una estación en que no está disponible otro alimento para almacenar para el invierno. Por medio de la exacta y delicada medida del tiempo que es propiedad específica de la naturaleza, la emergencia de unas especies de abejas silvestres se presenta en el mismo día en que se abren las flores de las mimbreras. No es el hombre necesitado el que comprende estas cosas, pero esos no son tampoco los hombres que ordenan la total inundación de una comarca con productos químicos.

¿Y dónde están los hombres que puedan comprender el valor de la adecuada región para preservar la vida natural? Se encuentran demasiados que defienden los herbicidas como «inofensivos» para la vida salvaje, porque se ha extendido la opinión de que son menos tóxicos que los insecticidas. Por lo tanto, dicen, no se hace ningún daño. Sin embargo, como los herbicidas se derraman por los bosques y los campos, por los pantanos y por las tierras altas, están proporcionando marcadas transformaciones y hasta permanentes destrucciones en el medio ambiente de la vida silvestre. Y el arrasar los habitáculos y la comida de las criaturas salvajes es quizá peor, a la larga, que matarlas directamente.

La ironía de todo este ataque químico en los bordes de las carreteras y en los caminos con derecho de paso es doble. Porque perpetúa el problema que se trata de resolver, ya que la experiencia ha demostrado claramente que la aplicación de herbicidas no disminuye permanentemente la «maleza» y las pulverizaciones deben repetirse año tras año y porque —segunda ironía— se persiste en hacerlo a pesar de que un método de pulverización «selectiva» es ya conocido y con el cual puede perfeccionarse a largo plazo la limitación vegetal y eliminar las repetidas rociadas en la mayor cantidad de tipos de vegetación.

El objeto de la limitación de arbustos a lo largo de carreteras y caminos con derecho de paso no es limpiar la tierra de todo lo que no sea césped: es más bien eliminar plantas lo bastante altas para obstaculizar la visión de los conductores o para interferirse con los alambres en los caminos. Estos, en general, se refieren a árboles. La mayor parte de los arbustos son lo bastante bajos para que no representen peligro, como en realidad ocurre con helechos y flores silvestres.

Las pulverizaciones selectivas han sido desarrolladas por el doctor Frank Egler durante un período de años en el Museo Americano de Historia Natural en calidad de director de un Comité para orientaciones en la Limitación de Malezas en Caminos con Servidumbre de Paso.

Esto se basó en la inherente estabilidad de la naturaleza y se apoyó en el hecho de que la mayoría de comunidades de arbustos son fuertemente resistentes a la invasión de los árboles. Por comparación, los prados son invadidos fácilmente por semillas de árboles. El objeto de las pulverizaciones selectivas no es producir hierba en carreteras ni caminos, sino eliminar la vegetación alta de boscaje por un tratamiento directo, preservando el resto de las plantas. Una aplicación puede ser suficiente, con un posible colofón para las especies extremadamente resistentes; después los arbustos sujetos a exterminio y los árboles no reaparecerán. El mejor y más barato de todos los sistemas exterminadores de vegetación no son los productos químicos, sino otras plantas.

El método ha sido comprobado en extensiones de investigación repartidas por todo el este de Estados Unidos. Los resultados demuestran que, una vez tratada adecuadamente, un área se estabiliza y *no requiere nuevas pulverizaciones por lo menos en 20 años*. Las rociadas pueden hacerse por medio de hombres a pie, usando pulverizadores con mochila y manteniendo una vigilancia completa sobre su material. A veces, bombas compresoras y el restante material, pueden ser cargados en camiones, pero no debe haber nubes de pulverizaciones. El tratamiento ha de ir dirigido sólo a los árboles y a algunos arbustos excepcionalmente altos que hayan de ser eliminados. La integridad del contorno queda así preservada, la enorme valía de la vida silvestre permanece intacta, y la belleza de arbustos y helechos y flores silvestres no es sacrificada.

Aquí y allá el método de selección vegetal por medio de pulverizaciones racionales ha sido adoptado. Pero en su mayor parte, el hábito de invasión presiona fuerte y las nubes de pulverizaciones siguen para justificar su alto costo anual que gravita sobre los contribuyentes, y para infligir destrozos en el entramado ecológico de la existencia. Y esto sigue, seguramente porque los hechos se desconocen. Cuando los contribuyentes sepan que el recibo para pagar las pulverizaciones de los caminos vecinales debe serles presentado una sola vez por generación en vez de una vez cada año, seguro que se sublevarán y exigirán el cambio de método.

Entre las muchas ventajas de las pulverizaciones selectivas está el hecho de que minimizan la cantidad de producto químico aplicado al territorio. No se trata de marcas propagadas por radio, sino más bien de aplicaciones concentradas y fumigadas en la base de los árboles. El peligro potencial que contienen para la vida silvestre se reduce, por lo tanto, al mínimo.

Los herbicidas más ampliamente usados son el 2, 4-D; 2, 4, 5-T y demás compuestos relacionados con ellos. Si son o no realmente tóxicos es asunto de controversia. Gente que fumigaba sus tierras con 2, 4-D y se ha mojado al extenderlo, han enfermado a veces con graves neuritis e incluso parálisis.

Aunque tales incidentes no parecen ser frecuentes, las autoridades sanitarias aconsejan precaución en el uso de tales productos. Otros peligros menos definidos pueden acechar también a los que emplean el 2, 4-D. Se ha demostrado experimentalmente que trastorna el proceso básico fisiológico de la respiración de las células y que hace igual que los rayos X al dañar los cromosomas. Algunas obras muy recientes indican que la reproducción de los pájaros puede ser dañinamente afectada por ése y, desde luego, por otros herbicidas en proporciones mucho más bajas que los que causan la muerte.

Aparte de cualquier otro efecto directamente tóxico, siguen al uso de ciertos herbicidas otros resultados indirectos bastante curiosos. Se ha descubierto que los animales, tanto los herbívoros salvajes como el ganado, se sienten a veces extrañamente atraídos hacia plantas que han sido pulverizadas, incluso aunque no se trate de sus acostumbrados alimentos. Si ha sido empleado un herbicida altamente ponzoñoso, como el arsénico, este intenso deseo por comer la marchita vegetación tiene inevitablemente desastrosos resultados. También pueden seguir fatales consecuencias si la planta misma es venenosa o quizá posee espinas o escobillas. Las malezas venenosas, por ejemplo, se convierten de pronto en atractivas para el ganado después de haber sido pulverizadas, y los animales mueren por haber satisfecho tan poco natural apetito. La literatura de la medicina veterinaria abunda en ejemplos similares: el cerdo que come cizañas pulverizadas y contrae a consecuencia graves enfermedades, los corderos que engullen cardos igualmente regados, abejas envenenadas por libar en la mostaza rociada asimismo después de florecer. Las cerezas silvestres, cuyas hojas son altamente venenosas, ejercen un fatal atractivo para las vacas una vez sus hojas han sido pulverizadas con 2, 4-D. Aparentemente, la marchitez consecutiva a las rociadas (o a la siega) convierten en sumamente atractiva a la planta. La hierba cana ha proporcionado otros ejemplos. Generalmente el ganado evita esta planta a menos que se vea forzado a comerla a fines del invierno y a principios de la primavera por falta de otro pasto. Sin embargo, los animales la engullen ávidamente cuando su follaje ha sido rociado con 2, 4-D. La explicación de tan particular conducta parece a veces estar en los cambios que el producto químico proporciona al metabolismo de la propia planta. Se produce un temporal y marcado incremento del contenido de azúcar, por lo que el vegetal se convierte en más atractivo para muchos animales.

Otro curioso efecto del 2, 4-D tiene importantes consecuencias para el ganado, los animales salvajes y, aparentemente, también para el hombre. Experimentos efectuados hace una década poco más o menos, demostraron que después del tratamiento con este producto se efectúa un fuerte aumento en el contenido de nitrato del maíz y en el de azúcar de la remolacha. Idéntico efecto

se sospecha que causa en el sorgo, el girasol, la tradescantia, la berza de pastor y la ortiga. Algunas de ésas son usualmente ignoradas por el ganado, pero se las come con fruición después de un tratamiento con 2, 4-D. Una serie de muertes entre las vacas han sido achacadas a las malezas rociadas con dicho producto, según algunos especialistas en agricultura. El peligro reside en el aumento de nitratos, que para la fisiología peculiar del rumiante plantea en el acto un problema crítico. La mayoría de esos animales tienen un aparato digestivo de extraordinaria complejidad, incluido un estómago dividido en cuatro departamentos. La digestión de la celulosa se realiza a través de microorganismos (la bacteria del omaso) en la tercera cámara. Cuando el animal ingiere un vegetal que contiene un nivel anormalmente alto en nitratos, los microorganismos del omaso actúan sobre los nitratos para transformarlos en ácido nítrico altamente tóxico. De aquí sigue una cadena de acontecimientos fatales: el ácido nítrico actúa en los pigmentos sanguíneos y forma una sustancia color chocolate en la que el oxígeno es retenido tan fuertemente que no puede intervenir en la respiración, de aquí que el oxígeno no pase de los pulmones a los tejidos. La muerte sobreviene a las pocas horas por falta de oxígeno. Los diversos informes de pérdidas de ganado, después de haber pastado en ciertas malezas tratadas con 2, 4-D, tienen lógica explicación, por consiguiente. El mismo peligro existe para los animales salvajes pertenecientes al grupo de rumiantes, tales como el ciervo, el antílope, el carnero y la cabra.

Aunque varios factores (como por ejemplo un tiempo excepcionalmente seco) pueden causar un aumento en el contenido de nitrato, los efectos de aspirar el 2, 4-D y de sus aplicaciones, no pueden ser ignorados. La situación se ha considerado lo bastante importante como para que la Estación de Experimentos Agrícolas de la Universidad de Wisconsin hiciera la advertencia, en 1957, de que «las plantas exterminadas con 2, 4-D pueden contener grandes cantidades de nitrato». El peligro se extiende a los seres humanos tanto como a los animales y puede contribuir a explicar el reciente aumento de misteriosas «muertes en los silos». Cuando el maíz, la avena o el sorgo que contengan fuertes dosis de nitrato se almacenan en silos, sueltan venenosos gases de óxido de nitrógeno, creando un peligro mortal para cualquiera que penetre en el recinto. Sólo unas cuantas inspiraciones de uno de esos gases pueden causar una difusa neumonía química. En una serie de casos semejantes, estudiados por la Escuela de Medicina de la Universidad de Minnesota, todos menos uno terminaron fatalmente.

«Una vez más estamos moviéndonos en la naturaleza como un elefante en una cacharrería.» Así resume C. J. Briejér, científico holandés, de rara comprensión, el uso que hacemos de los matamalezas. «En mi opinión estamos

consintiendo demasiado en aceptar las cosas. No sabemos si todas las malezas que se hallan en los cultivos son dañinas o si algunas de ellas son útiles», añade el doctor Briejér.

Rara vez se plantea esta pregunta: ¿cuál es la relación entre la maleza y el mantillo? Quizá, incluso desde nuestro estrecho punto de vista respecto a los propios intereses, esa relación es útil. Como hemos visto, el mantillo y las criaturas vivas dentro y sobre él, existen en una relación de interdependencia y mutuo beneficio. Es presumible que la maleza recoja algo del mantillo; quizá aquélla también contribuye en algo a la existencia de éste. Un ejemplo práctico nos lo aportan recientemente los parques de una ciudad de Holanda. Las rosas iban mal. Las muestras de mantillo manifestaron una fuerte infestación de gusanos nematelmintos. Los científicos del Servicio Holandés de Protección a las Plantas no recomendaron rociadas químicas ni tratamientos del mantillo; en vez de esto, sugirieron que se plantaran caléndulas entre las rosas. Esta planta, que los puristas considerarían, sin lugar a dudas, maleza en cualquier rosaleda, suelta una excrecencia por las raíces que mata los nematelmintos del mantillo. El consejo fue seguido, algunos macizos fueron plantados de caléndulas y otros se dejaron sin ellas para comprobación. Los resultados fueron sobrecogedores. Con ayuda de las caléndulas, las rosas volvieron a florecer. En los macizos de comprobación estaban enfermas y marchitas. Las caléndulas se emplean ahora en muchos lugares para combatir los nematelmintos.

Del mismo modo, y quizá de modo completamente desconocido por nosotros, otras plantas que exterminamos a rajatabla, pueden realizar una función necesaria para la salud del mantillo. Una función Utilísima de la comunidad de las plantas —ahora estigmatizadas alegremente como «malezas»— es la de servir de indicador de las condiciones del mantillo. Esta función beneficiosa se pierde, desde luego, cuando son empleados matamalezas químicos.

Los que encuentran respuesta a todos los problemas de las pulverizaciones, también descuidan un asunto de gran importancia científica: la necesidad de preservar algunas familias de plantas naturales. Nosotros las necesitamos como habitantes salvajes en los que primitivas colonias de insectos y otros organismos pueden ser mantenidos, porque, como explicaré en el capítulo 16, el desarrollo de la resistencia a los insecticidas está cambiando los factores genéticos de los insectos y quizá también de otros organismos. Un científico ha sugerido incluso que se establezca una especie de «zoo» para conservar insectos, polillas y similares antes de que su estructura genética se cambie en el futuro.

Algunos expertos anuncian transformaciones sutiles pero alcanzadles a largo plazo en el mundo vegetal como resultado del creciente empleo de

herbicidas. El producto 2, 4-D, al terminar con las plantas de hojas anchas, permite a las hierbas medrar en reducida competición. Ahora algunas de las propias hierbas se han convertido en «malezas», presentando un nuevo problema y dando otra vuelta al ciclo. Esta extraña situación está reconocida en un reciente número de un periódico dedicado a los problemas de la agricultura: «Con el amplio uso del 2, 4-D para limitar las malezas de anchas hojas, las malezas de la familia de las hierbas, en particular, han proliferado convirtiéndose en una amenaza para los campos de maíz y de habas».

La ambrosía, el veneno para los que padecen la fiebre del heno, ofrece un interesante ejemplo de la clase de esfuerzos para eliminar sus propios errores que hace a veces la naturaleza. Se han descargado muchos miles de litros de productos químicos a lo largo de los caminos en nombre de la extirpación de la ambrosía. Pero la triste verdad es que las nubes de fumigaciones dan el resultado de acrecentar la ambrosía en vez de disminuirla. La ambrosía es anual; su semilla requiere tierra abierta para arraigar cada año. Nuestra mejor protección contra esta planta es, por consiguiente, el mantenimiento de jarales, helechos y otra vegetación perenne. Las pulverizaciones frecuentes destruyen esta vegetación protectora y crean áreas libres donde la ambrosía se apresura a brotar. Es probable, por consiguiente, que el polen contenido en la atmósfera no esté relacionado con la ambrosía de los campos, sino con la de las ciudades y de los barbechos.

Los anuncios de ventas de productos para extirpar la hierba cangrejo son otro ejemplo de cuán de prisa se imponen métodos defectuosos. Existe una manera más barata y mejor para arrancar la hierba cangrejo que el tratar año tras año de destruirla por medio de la química. Y es enfrentarla con otra hierba que no le permita sobrevivir. Dicho vegetal existe sólo en los campos insalubres. Es un síntoma, no una enfermedad en sí. Proporcionándole un terreno fértil y dando a las malezas útiles un buen acomodo, es posible crear un medio ambiente en el que la hierba cangrejo no pueda sobrevivir, porque ésta requiere espacio libre en el que arraigar las simientes año tras año.

En vez de tratar las condiciones básicas, las colectividades de las afueras —aconsejadas por promotores, que a su vez han sido aconsejados por fabricantes de productos químicos— continúan aplicando cada año verdaderas cantidades asombrosas de matamalezas a sus campos. Bajo etiquetas con nombres registrados que no dan indicaciones de la naturaleza del producto, muchas de esas sustancias contienen venenos tales como mercurio, arsénico y clordane. La aplicación en las proporciones indicadas deja tremendos amontonamientos de esos productos en los campos. Los usuarios de uno de ellos, por ejemplo, echarían 60 libras de clordane por acre de seguir las instrucciones. Si emplean

además otro de los muchos productos utilizables, estarán aplicando 175 libras de arsénico blanco por acre. La cantidad de pájaros muertos, según veremos en el capítulo 8, es sobrecogedora. En qué grado pueden ser letales esos campos para el ser humano es desconocido.

El éxito de las pulverizaciones selectivas en la vegetación de los caminos y carreteras, donde ya han sido practicadas, ofrece la esperanza de que métodos ecológicos igualmente efectivos puedan ser desarrollados en programas destinados a otra vegetación en granjas, bosques y pastos..., métodos que no tengan como fin las destrucciones de determinadas especies, sino el de dirigir la vegetación como si se tratara de una colectividad viva.

Otras sólidas realizaciones demuestran lo que puede hacerse. El control biológico ha obtenido algunos de sus éxitos más espectaculares en la restricción de vegetación indeseable. La propia naturaleza ha vencido en muchos de los problemas que ahora nos preocupan a nosotros, resolviéndolos a su propio y certero modo. Donde el hombre ha sido lo bastante inteligente para observar y emular a la naturaleza, también se ha visto recompensado por el éxito.

Un primordial ejemplo en el asunto de dominar las plantas nocivas es el sistema seguido respecto al problema de la hierba Klamath en California. Aunque la hierba Klamath o hierba de cabra es oriunda de Europa (donde se la conoce por lúpulo de San Juan), acompañó a las gentes en sus migraciones hacia el Oeste y apareció por primera vez en Estados Unidos en 1793, cerca de Lancaster, Pennsylvania. Hacia 1900 había llegado a California y alcanzado la vecindad del río Klamath; de aquí el nombre local que se le dio. En 1929 había ocupado alrededor de 100.000 acres de terreno para pastos y en 1952 tenía invadidos dos millones y medio de acres aproximadamente.

La hierba Klamath, completamente distinta a las plantas aborígenes, *como la* salvia, no encajaba en la ecología de la región, y ni animales ni otras plantas admitían de buen grado su presencia. Por el contrario, dondequiera que aparecía, el ganado se ponía «costroso, con el hocico llagado y macilento» por comer tal planta tóxica. El valor de las tierras bajaba en proporción, porque la hierba Klamath estaba considerada como causante de la elevada cifra de mortandad.

En Europa la hierba Klamath, o lúpulo de San Juan, nunca ha sido problema, porque en proporción con la planta se han desarrollado varias especies de insectos que se alimentan de ella con tal voracidad que su número ha sido duramente reducido. En particular, dos especies de coleópteros del sur de Francia, del tamaño de un guisante y color metálico, tienen tan adaptada su existencia a esa maleza que sólo se alimentan y se reproducen en ella.

Fue un acontecimiento de importancia histórica cuando el primer cargamento de esos escarabajos fue embarcado hacia Norteamérica en 1944,

porque era el primer intento de Estados Unidos de reducir una planta por medio de un insecto herbívoro. Hacia 1949 ambas especies estaban tan bien relacionadas que no fueron necesarias más importaciones. Su propagación se efectuó recogiendo los coleópteros en sus colonias de origen y redistribuyéndolos a millones por año. Dentro de áreas reducidas, los escarabajos realizaban su propia dispersión, cambiándose de lugar tan pronto como la hierba Klamath desaparecía y situándose en nuevos espacios con gran precisión. Y a medida que los escarabajos destruyen la mala hierba, las plantas útiles que han sido desplazadas vuelven a su emplazamiento.

Una vigilancia de diez años, terminada en 1959, demostró que la labor realizada con la hierba Klamath había sido «más eficaz que todo lo esperado incluso por los entusiastas», ya que esa maleza había quedado reducida a un simple 1 por ciento con relación a su antigua abundancia. Esa amistosa plaga es inofensiva y realmente necesaria a fin de mantener una población de coleópteros como protección contra algún futuro aumento de la mala hierba.

Otro ejemplo económico, extraordinariamente brillante, de reducción de malezas, puede hallarse en Australia. Con la afición usual de los colonizadores a trasladar plantas o animales a nuevas regiones, cierto capitán llamado Arthur Phillip había llevado varias especies de cactos a Australia alrededor del año 1787, con la intención de emplearlos en la cría de insectos coccinélidos para tintes. Algunos de esos cactos salieron de sus jardines y hacia 1925 pudieron encontrarse 20 especies en estado silvestre. No habiendo limitaciones naturales en aquel nuevo territorio, se reprodujeron asombrosamente hasta llegar a ocupar 60 millones de acres. Finalmente la mitad de ese territorio estaba tan densamente cubierto que era inutilizable.

En 1920 entomólogos australianos fueron enviados a Norte y Sudamérica para estudiar insectos enemigos de las plantas espinosas en su medio ambiente nativo. Después de probar distintas especies, se mandaron a Australia, en 1930, 3 billones de huevos de cierta polilla argentina. Siete años después, el último importante reducto de cactos había sido destruido y las áreas, un tiempo inhabitables, quedaban abiertas a viviendas y ganadería. La total operación había costado menos de diez céntimos por acre. En contraste, los intentos de limitación química empleados después con poco resultado, han costado alrededor de 10 libras por acre.

Ambos ejemplos demuestran que la limitación, extraordinariamente eficaz, de muchas clases de vegetación indeseable puede ser realizada prestando más atención a la labor de los insectos herbívoros. La ciencia de la administración de plantas ha ignorado largo tiempo esta posibilidad, a pesar de que esos insectos son quizá el más selectivo de todos los métodos y que sus dietas, sumamente

restringidas, pueden fácilmente convertirse en ventajosas para el hombre.

7. Destrucción innecesaria



Mientras el hombre se dirige hacia su anunciada meta de la conquista de la naturaleza, ha escrito un deprimente inventario de estragos encauzados no sólo contra la tierra que habita, sino contra la vida que la comparte con él. La historia de los recientes siglos tiene negros pasajes —la carnicería de los búfalos en las llanuras del Oeste, el exterminio de los pájaros marinos por los tiradores mercaderes, la casi destrucción de los airones o garzas reales para hacerse con las plumas. Ahora, a esos y otros semejantes, estamos añadiendo un nuevo capítulo de una nueva clase de exterminio: la matanza directa de pájaros, mamíferos, peces y en realidad de toda clase de criaturas silvestres por medio de insecticidas químicos esparcidos sin discriminación sobre la tierra.

Según la filosofía que ahora parece guiar nuestros destinos, nada debe oponerse en el camino del hombre con el arma pulverizadora. Las incidentales víctimas de su cruzada contra los insectos no cuentan; si a petirrojos, faisanes, mapaches, gatos o incluso ganado, se les ocurre vivir en el mismo pedazo de tierra que los odiados insectos y son acertados por la lluvia de venenos insecticidas, nadie debe protestar.

El ciudadano que desea juzgar limpiamente la cuestión de las pérdidas de animales salvajes, se enfrenta hoy día con un dilema. Por un lado los protectores y muchos biólogos aseguran que las pérdidas han sido graves y en algunos casos incluso catastróficas. Por otro lado las oficinas de vigilancia tienden a negar lisa y categóricamente que tales pérdidas hayan ocurrido o que sean de alguna importancia si las ha habido. ¿Qué punto de vista hemos de aceptar?

La declaración de los testigos es de primera importancia. El biólogo especializado en animales salvajes es sin duda el mejor calificado para descubrir e interpretar sobre el terreno las pérdidas de esas criaturas. El entomólogo, cuya especialidad es el insecto, no se halla tan calificado por su adiestramiento, y no está psicológicamente dispuesto a considerar por el lado malo los efectos de su programa de limitación. Aunque son los designados por el Estado y por los gobiernos federales para vigilar la limitación de insectos —y desde luego los fabricantes de productos químicos— los que más rápidamente niegan los hechos de que informan los biólogos y se apresuran a declarar que ellos ven muy pocas muestras de peligro para los animales salvajes. Como el sacerdote y el levita de la historia bíblica, escogen el pasar adelante por el otro lado y no ver nada. Incluso si tratamos de explicarnos caritativamente sus negativas como debidas a la miopía del especialista y a la del hombre con intereses en el asunto, esto no significa que debamos aceptarlas como testimonios válidos.

El mejor modo de formar nuestro propio juicio, es mirar hacia algunos de los mayores programas de limitación y enterarnos, por medio de observadores familiarizados con los animales salvajes y sus costumbres e imparciales respecto a los productos químicos, de lo que ha sucedido exactamente al despertar de una lluvia de veneno lanzada desde las alturas sobre el mundo de las criaturas salvajes.

Para el que contempla a las aves, para el que mora en los arrabales y encuentra un placer en los pájaros de su jardín, para el cazador, para el pescador o el explorador de regiones salvajes, cualquier cosa que destruya la vida silvestre de un lugar, incluso por un solo año, le ha privado del placer al que tiene legítimo derecho. Éste es un punto de vista válido. Hasta si, como ha ocurrido a veces, algunas de las aves o de los mamíferos y peces pueden rehacerse después de una rociada única de productos químicos, se ha efectuado un daño grande y real.

No obstante, tal restablecimiento es difícil que ocurra. Las pulverizaciones tienden a repetirse y, además, una sola exposición a ellas de la que las colectividades de la vida silvestre puedan tener oportunidad de recobrarse, es algo muy raro. Lo que resulta por regla general es un emponzoñamiento de cuanto las rodea, una trampa letal en la que sucumben, no sólo las colonias

establecidas con carácter permanente, sino también las que se encuentran en calidad de pasajeras. Cuanto más amplia sea la pulverización, más grande es el daño, porque no quedan espacios exentos. Ahora, en una década marcada por los programas de limitación de insectos, en la que miles o incluso millones de kilómetros han sido rociados; una década durante la cual se han efectuado pulverizaciones particulares y colectivas en rápido crecimiento, se ha acumulado un inventario de muerte y destrucción de la vida silvestre americana. Vamos a estudiar algunos de esos programas y veamos lo ocurrido.

Durante el otoño de 1959 unos 27.000 acres de terreno al sudeste de Michigan, incluyendo numerosos suburbios de Detroit, fueron sometidos a espesas rociadas desde el aire con bolitas de aldrín, uno de los más peligrosos de todos los hidrocarburos clorados. El plan fue dirigido por el Departamento de Agricultura de Michigan con la cooperación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos; el propósito que comunicaron era el de reducir el escarabajo japonés.

La necesidad de tan drástica y peligrosa medida era poco visible. Por el contrario, Walter P. Nickell, uno de los naturalistas del Estado más conocido y mejor informado, que pasa gran parte de su tiempo en el campo, con largas estancias al sur de Michigan cada verano, declaró: «Durante más de treinta años, según mi directo conocimiento, el escarabajo japonés ha permanecido en la ciudad de Detroit en pequeño número. Esas cantidades no han mostrado crecimiento apreciable en todos esos años. Todavía estoy por ver uno solo (en 1959) aparte de los pocos cazados en las trampas del gobierno en Detroit... Todo se ha mantenido tan secreto que yo no he podido todavía obtener informes de cualquier clase, acerca de los efectos causados por su aumento».

Un funcionario destacado por la Oficina del Estado se redujo a declarar que el insecto había «hecho su aparición» en las áreas designadas para el ataque aéreo contra él. A pesar de la falta de justificación, el plan se realizó, proveyendo el Estado los elementos y supervisando la operación, mientras que el Gobierno federal facilitaba el equipo y los hombres adicionales y las colectividades pagaban el insecticida.

El escarabajo japonés, insecto importado accidentalmente a Estados Unidos, fue descubierto en Nueva Jersey en 1916, cuando unos cuantos animalillos de un color metálico, verde brillante, hicieron su aparición en un plantel próximo a Riverton. Los insectos, al principio no identificados, fueron por fin reconocidos como habitantes comunes de la mayoría de las islas del Japón. Aparentemente habían entrado en Estados Unidos entre la colección de plantas importadas antes de las restricciones, que fueron impuestas en 1912.

Desde el punto de su llegada, el insecto se ha extendido bastante

ampliamente por varios estados al este del Mississipi, donde las condiciones de temperatura y de lluvias le eran favorables. Cada año realiza alguna incursión más allá de los límites de sus predios. En los territorios del Este, donde los escarabajos llevan afincados tantos años, se han hecho intentos de establecer limitaciones naturales. Donde fueron llevadas a efecto esas limitaciones, las colonias de escarabajos se mantuvieron a niveles relativamente bajos, como atestiguan muchos informes.

A pesar de los documentos que indican el razonable control de las extensiones del Este, ahora, los Estados del centro que ocupan el límite del territorio habitado por esos insectos han desplegado un ataque digno del enemigo más poderoso en vez de tratarse sólo de un insecto relativamente dañino, empleando los productos químicos más peligrosos distribuidos de tal modo que exponen al veneno destinado al escarabajo a gran número de seres, comprendidos sus animales domésticos y toda la vida silvestre. El resultado ha sido la destrucción sobrecogedora de todos los animales y el peligro de los seres humanos, expuestos a un innegable daño. Extensas comarcas de Michigan, Kentucky, Iowa, Indiana, Illinois y Missouri están practicando lluvias de productos químicos en nombre de la limitación de un escarabajo.

Las pulverizaciones efectuadas en Michigan han sido uno de los primeros ataques a gran escala sobre los coleópteros japoneses desde el aire. El hecho de haber escogido el aldrín, una de las sustancias más peligrosas de todos los productos químicos, no ha sido determinado por ninguna especial adecuación al control del escarabajo japonés, sino simplemente por el deseo de ahorrar dinero —el aldrín era el más barato de todos los productos utilizables. Mientras el Estado, en su comunicación oficial a la prensa, reconocía que el aldrín es un «veneno», daba a entender también que ningún peligro podía significar para los seres humanos en los territorios densamente poblados a los que iba a ser aplicado. (La respuesta oficial a la pregunta «¿Qué precauciones debo tomar?», fue «Para usted ninguna»). Un funcionario de la Agencia Federal de Aviación indicó más tarde al respecto en la prensa local que «ésta es una operación sin riesgo», y un representante del Departamento de Parques y Recreo de Detroit añadió su seguridad de que «la pulverización es inofensiva para los seres humanos y no dañará ni a plantas ni a animales domésticos». Debe uno llegar a la conclusión de que ninguno de esos funcionarios ha consultado los informes publicados y fácilmente accesibles del Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos y del Servicio de Pesca y Vida Silvestre y de otros en los que se evidencia la naturaleza extremadamente venenosa del aldrín.

Actuando dentro de la ley de regulación de plagas de Michigan que autoriza al Estado a lanzar pulverizaciones sin discriminación, aviso ni solicitud de

permiso por parte de los propietarios de terrenos particulares, los aeroplanos de vuelo bajo empezaron a planear sobre el área de Detroit. Las autoridades de la ciudad y la Agencia Federal de Aviación empezaron a ser asaltadas por llamadas telefónicas de los irritados ciudadanos. Después de haber recibido alrededor de 800 llamadas en una sola hora, la policía rogó a las estaciones de radio y televisión, así como a los periódicos, que «dijeran a los espectadores que lo que estaban viendo era aconsejable y no ofrecía peligro», según el «Detroit News». El funcionario de seguridad de la Agencia Federal de Aviación aseguró al público que «los aviones están cuidadosamente supervisados» y «se hallan autorizados a volar bajo». En una especie de equivocado intento de alejar temores añadió que los aeroplanos tenían válvulas de emergencia que les permitirían descargar todo el producto que llevaban instantáneamente. Esto, afortunadamente, no se hizo, pero mientras los aviones realizaban su tarea, las bolitas del insecticida caían contra escarabajos y personas al unísono, lluvias de «inofensivo» veneno daban sobre la gente que iba a comprar, o al trabajo, o sobre los niños que salían de las escuelas a la hora de comer. Las amas de casa barrieron los granitos de porches y aceras, donde se dijo que «tenían una apariencia como de nieve». Como se indicó más tarde por la Sociedad Michigan Audubon: «En los espacios entre las tejas, en los regueros de los aleros, en las ranuras de las cortezas y ramas de los árboles, las pequeñas bolitas blancas de aldrín y arcilla, no mayores que cabezas de alfiler, se alojaron a millones... Cuando llegaron las lluvias y la nieve, cada charco se convirtió en un cuenco posiblemente mortal».

Pocos días después de la operación, la Sociedad Detroit Audubon empezó a recibir llamadas acerca de pájaros. Según la secretaria de la Sociedad, señora Ann Boyes, «la primera indicación de que la gente estaba preocupada con la rociada fue una llamada que yo recibí el domingo por la mañana de una mujer que informaba de que al volver a su casa desde la iglesia había visto una alarmante cantidad de pájaros muertos o moribundos. El insecticida se había echado allí el martes. Añadía que no había ningún pájaro volando por aquel sitio; que ella había encontrado por lo menos una docena (muertos) en el patio trasero de su casa y que sus vecinos acababan de hallar ardillas muertas». Todas las otras llamadas que recibió la señora Boyes aquel día informaban de «muchísimos pájaros muertos y ni uno solo vivo». Gente que tenía comederos para los pájaros decía que no se encontraba uno solo alrededor de los comederos. Los pájaros recogidos moribundos presentaban los síntomas característicos del envenenamiento por insecticida: temblores, pérdida de capacidad para volar, parálisis, convulsiones.

Tampoco fueron los pájaros los únicos seres vivos inmediatamente

afectados. Un veterinario local informó que su clínica estaba llena de clientes con perros y gatos que habían enfermado súbitamente. Los gatos, que tan meticulosamente se atusan la piel y se lamen las patas, parecían los más afectados. Su mal adoptó la forma de diarrea aguda, vómitos y convulsiones. El único consejo que pudo dar el veterinario a sus clientes fue que no dejaran salir de la casa a sus animales sin absoluta necesidad, o que les lavaran las patas en el acto si lo hacían. (Pero como los hidrocarburos clorados no pueden quitarse por medio de lavados, ni siquiera de frutas y verduras, podía esperarse muy poca protección de tal medida.)

A pesar de la insistencia de la Comisión de Sanidad de la Ciudad-Condado de que los pájaros debían haber muerto a causa de «cualquier otra clase de pulverización» y de que la irritación manifestada en la garganta y el pecho como consecuencia del contacto con el aldrín «tenía que ser debida a cualquier otra causa», el Departamento local de Sanidad recibió un río constante de quejas. Un eminente internista de Detroit fue llamado para atender a cuatro de sus pacientes en el término de una hora, después de haberse expuesto al aldrín mientras miraban trabajar a los aviones. Todos tenían iguales síntomas: náuseas, vómitos, escalofríos, fiebre, fatiga extrema y tos.

La experiencia de Detroit ha sido repetida en muchas otras colectividades, ya que la presión para combatir el escarabajo japonés con productos químicos ha ido en aumento. En Blue Islands, Illinois, fueron recogidos centenares de pájaros muertos o moribundos. Informes recogidos por aficionados a los pájaros indicaban que el 80 por ciento de aves cantoras había sido sacrificado. En Joliet, Illinois, unos 3.000 acres de terreno fueron tratados con heptacloro en 1959. Según los datos de un club deportivo, la población volátil que se hallaba dentro del área pulverizada estaba «virtualmente exterminada». Conejos, ratas almizcleras y zarigüeyas, así como peces, fueron hallados muertos en cantidad, y una de las escuelas locales coleccionó aves envenenadas con insecticida para un estudio científico.

Quizá ninguna colectividad ha sufrido más por motivo de la consecución de un mundo sin escarabajos que Sheldon, al este de Illinois, y sus aledaños en el condado Iroqués. En 1954, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y el Departamento de Agricultura de Illinois empezaron un plan para desarraigar el escarabajo japonés a lo largo de la línea de sus avanzadillas dentro del Illinois, abrigando la esperanza, e incluso la seguridad, de que las pulverizaciones intensivas destruirían las colonias de insectos invasores. El primer «desarraigo» se efectuó aquel año, aplicando dieldrín a 1.400 acres desde el aire. Otros 2.600 acres fueron tratados del mismo modo en 1955 y la tarea, según es de suponer, se

consideró terminada. Sin embargo, fueron reclamados más y más tratamientos y hacia fines de 1961 se habían cubierto unos 131.000 acres. Incluso en los primeros años de la ejecución del plan pudo observarse que se habían producido enormes pérdidas entre animales salvajes y domésticos. Los tratamientos químicos se continuaron no obstante, sin consultar ni al Servicio de Pesca y Vida Silvestre, ni a la División de Administración de Caza de Illinois. (En la primavera de 1960, no obstante, funcionarios del Departamento Federal de Agricultura se presentaron ante un comité del Congreso para oponerse a un proyecto de ley disponiendo que serían necesarias tales consultas previas. Los dos declararon suavemente que el proyecto no era necesario, porque la cooperación y la consulta eran «usuales». Aquellos funcionarios eran completamente incapaces de recordar situaciones en las que la colaboración no se hubiera efectuado «a nivel con Washington». En la misma reunión dejaron sentado con claridad su disconformidad respecto a consultar con los Departamentos de pesca y caza del Estado.)

Aunque llegaban fondos para tratamientos químicos en riadas interminables, los biólogos de la Inspección de Historia Natural de Illinois que trataban de medir el destrozo causado en la vida silvestre, tuvieron que trabajar con aprietos financieros. Sólo podían aplicarse 1.100 dólares para el empleo de un ayudante agrícola en 1954, y no se proveyeron fondos especiales en 1955. A pesar de esas descorazonadoras dificultades, los biólogos reunieron pruebas que representaban un cuadro casi sin parangón del aniquilamiento de la vida silvestre..., destrucción que se hizo obvia tan pronto como el plan se puso en marcha.

Se crearon condiciones para envenenar los pájaros insectívoros, tanto por los venenos empleados como por los acontecimientos promovidos para su aplicación. En los primeros programas realizados en Sheldon se aplicó el dieldrín en proporción de 3 libras por acre. Para comprender los efectos de eso en las aves, basta sólo recordar que en un laboratorio experimental, se demostró que sobre las codornices el dieldrín era 50 veces más venenoso que el DDT. Por consiguiente, el veneno echado sobre las tierras cultivadas de Sheldon era equivalente ¡a 150 libras de DDT por acre! Y esto fue el mínimo, porque parece ser que hubo tratamientos reforzados a lo largo de los bordes de los campos y en los rincones.

Como el producto penetra en el terreno, los escarabajos envenenados salen a la superficie, donde permanecen algún tiempo hasta que mueren, atrayendo a los pájaros insectívoros. Los insectos muertos y moribundos estuvieron visibles alrededor de dos semanas después del tratamiento. Los efectos en la población volátil pueden adivinarse fácilmente. Estorninos, alondras, eulabes y faisanes

fueron virtualmente exterminados. Los petirrojos quedaron «casi aniquilados», según el informe de los biólogos. Lombrices de tierra fueron halladas muertas en gran cantidad después de una abundante lluvia y probablemente los estorninos se comieron las lombrices envenenadas. Para otros pájaros también la antaño beneficiosa lluvia había cambiado, convirtiéndose, mediante el dañino poder del veneno introducido en aquel mundo, en un agente de destrucción. Las aves que se bañaban y bebían en los charcos dejados por la lluvia pocos días después de la pulverización, fueron inevitablemente condenadas a muerte.

Los pájaros que sobrevivieron, probablemente quedaron estériles. Aunque se encontraron unos cuantos nidos en el área rociada y algunos con huevos, ninguno contenía crías.

En cuanto a los mamíferos, las ardillas fueron virtualmente aniquiladas: se encontraron sus cuerpos en las actitudes violentas características de la muerte por envenenamiento. Ratas almizcleras se hallaron en los campos pulverizados, conejos muertos en otros terrenos. La zorra tigrillo había sido un animal relativamente común en la comarca; después de la rociada desapareció.

Eran raras las granjas de Sheldon donde quedara un gato después que empezó la guerra contra los escarabajos. El noventa por ciento de todos los gatos de las casas de campo cayeron víctimas del dieldrín durante la primera época de la pulverización. Esto pudo haberse previsto a causa del negro historial de esos venenos en otros lugares. Los gatos son extremadamente sensibles a los insecticidas de cualquier clase, y especialmente, al parecer, lo son al dieldrín. Al oeste de Java, en el curso de un plan contra la malaria llevado a efecto por la Organización Mundial de la Salud, se informó que muchos gatos habían muerto. En Java central murieron tantos que su precio aumentó más del doble. Igualmente, al pulverizar en Venezuela varias extensiones dicha Organización Mundial de la Salud, se informó que los gatos habían quedado reducidos a la categoría de animal raro.

En Sheldon no fueron sólo las criaturas salvajes y domésticas las que fueron sacrificadas en la campaña contra el insecto. Las observaciones en varios rebaños de ovejas y en una punta de ganado vacuno indicaron que la muerte por envenenamiento había causado bajas también entre esos animales. La inspección de Historia Natural describe en un informe uno de esos episodios como sigue:

> Las ovejas... fueron conducidas a un pequeño campo de hierba azul que no había sido tratado, a través de un terreno donde se pulverizó el 6 de mayo con dieldrín. Evidentemente algo de ese producto se había infiltrado a través del camino en el pasto, porque las

> ovejas empezaron a presentar síntomas de intoxicación casi en el acto... Perdieron la gana de comer y desplegaron extrema inquietud siguiendo todo el vallado del pastizal una y otra vez, como buscando una salida... Se negaron a ser conducidas, balaban casi continuamente, y mantenían la cabeza baja; por fin fueron acarreadas fuera del recinto... Manifestaron gran deseo de agua. Dos fueron halladas muertas en el arroyo que atraviesa el pastizal, y las restantes tuvieron que ser sacadas repetidamente del agua, algunas de ellas a rastras y forcejeando. Tres de las ovejas murieron; las otras recobraron la apariencia normal.

Éste es, pues, el cuadro de finales de 1955. Aunque la guerra química continuó en años sucesivos, el manantial de fondos para investigaciones se secó completamente. Las peticiones de dinero para investigaciones sobre los insecticidas en la vida salvaje fueron incluidas en los presupuestos anuales sometidos a la legislación de Illinois por la Investigación de Historia Natural, pero invariablemente figuraban entre los primeros capítulos que se eliminaban. Hasta 1960 no se encontró de un modo u otro el dinero para pagar los gastos de un ayudante agrónomo... que tenía un trabajo como para ocupar ampliamente el tiempo de cuatro hombres.

El desolador cuadro de pérdidas entre la vida silvestre había cambiado poco cuando los biólogos reanudaron los estudios interrumpidos en 1955. En el ínterin el producto químico había sido sustituido por el aún más tóxico aldrín, *de 100 a 300 veces más tóxico que el DDT*, según pruebas hechas en codornices. Hacia 1960 todas las especies silvestres de mamíferos que se sabía habitaban en aquel área, habían sufrido pérdidas. Pero todavía era peor con los pájaros. En la pequeña ciudad de Donovan, los petirrojos habían sido exterminados, así como los estorninos, los malvices y las alondras. Estos y muchos otros fueron estrechamente reducidos por doquier. Los cazadores de faisanes notaron el efecto de la campaña contra los escarabajos. El número de crías obtenidas en los terrenos pulverizados descendió alrededor del 50 por ciento, y también declinó la cantidad de polluelos obtenidos en cada nidada. La caza de faisanes, que había sido buena en aquellos terrenos en años anteriores, fue virtualmente abandonada como improductiva.

No obstante el enorme estrago producido en nombre de la extirpación del escarabajo japonés, el tratamiento de más de 100.000 acres en el condado Iroqués durante el período de un año, parece haber resultado bien sólo temporalmente en lo relativo a la supresión del insecto, que continúa su

movimiento hacia el Oeste. La completa extensión de lo que se ha pagado por este largo e ineficaz plan quizá no sea conocida nunca, porque los resultados medidos por los biólogos de Illinois son en cifras mínimas. Si el programa de investigación hubiera sido convenientemente financiado para permitir su completa realización, la destrucción revelada habría resultado incluso más sobrecogedora. Pero en los ocho años de programa, sólo alrededor de 6.000 dólares fueron previstos para estudios en el campo biológico. Entretanto el Gobierno federal había gastado alrededor de 375.000 dólares para el trabajo de limitación y otros millares adicionales habían sido proporcionados por el Estado. Por consiguiente, la cantidad gastada en investigaciones representa la pequeña fracción del 1 por ciento con relación a lo empleado en el plan químico.

Esos planes del Medio Oeste han sido realizados con espíritu de crisis, como si el avance del escarabajo hubiera representado un peligro extremo justificativo de cualquier medio para combatirlo. Esto, desde luego, es una exageración de los hechos, y si las colectividades que han financiado tales fumigaciones químicas hubieran estado familiarizadas con la primitiva historia del escarabajo japonés en Estados Unidos, habrían facilitado menos las cosas con toda seguridad.

Los estados del Este que han tenido la suerte de combatir la invasión de los escarabajos en los tiempos anteriores al invento de los insecticidas sintéticos, no sólo han superado la plaga, sino que han mantenido al insecto bajo limitación por medios que no han representado ninguna clase de amenaza a otras especies vivientes. Allí no se hizo nada comparable a las pulverizaciones de Detroit ni de Sheldon. Los métodos efectivos empleados en el Este ponían en juego fuerzas naturales de limitación que tienen las múltiples ventajas de la permanencia y de la seguridad del medio ambiente.

Durante la primera docena de años después de su entrada en Estados Unidos, el escarabajo proliferó rápidamente, libre de las restricciones que en su tierra nativa le mantenían limitado. Pero en 1945 se había convertido en una plaga de menor cuantía en toda la extensión del territorio sobre el que había aparecido. Su disminución fue, con mucho, consecuencia de la importación de insectos parásitos del Extremo Oriente y de la aclimatación de organismos que le eran fatales.

Entre 1920 y 1933, unas 34 especies de insectos voraces o parásitos habían sido importadas de Oriente en un esfuerzo de establecer un control natural, como consecuencia de diligentes investigaciones realizadas por todo el territorio originario del insecto. De esas 34 especies, cinco quedaron perfectamente establecidas en el este de Estados Unidos. El insecto más eficaz y ampliamente distribuido fue una avispa parásita de Corea y de China llamada *Tiphia vernalis*.

La hembra *tiphia*, cuando halla un grupo de escarabajos en el terreno, les inyecta una sustancia paralizadora y pone un solo huevo en el interior de la colonia. La cría de la avispa, en forma de larva, se alimenta de los paralizados escarabajos y los destruye. En unos 25 años, colonias de *tiphia* fueron introducidas en 14 estados del Este, en un programa en el que cooperaron oficinas federales y del Estado. La avispa quedó ampliamente arraigada en dicha área y es generalmente considerada por los entomólogos por su importante papel en mantener al escarabajo dentro de unos límites muy considerables.

Otra misión importante, incluso mayor que la expuesta, ha sido confiada a una enfermedad bacteriana que afecta a todos los escarabajos a cuya familia pertenece el japonés: el scarabaeids. Se trata de un organismo, perfectamente específico, que no ataca a ningún otro tipo de insectos, lombrices de tierra inofensivas, animales de sangre caliente ni plantas. Los corpúsculos de ese organismo se mantienen en el mantillo. Cuando son ingeridos por un escarabajo se multiplican prodigiosamente en su sangre, ocasionándole un color blanco anormal, de aquí el nombre popular: «enfermedad lechosa».

La enfermedad lechosa fue descubierta en Nueva Jersey en 1933. Hacia 1938 estaba bastante extendida en el territorio que antes sufriera la infestación del escarabajo japonés. En 1939 fue dispuesto un plan, encaminado a intensificar el desarrollo de la enfermedad. No se había desarrollado ningún método para incrementarla de algún modo artificial, pero fue desplegado un satisfactorio sustitutivo: insectos infectados fueron recogidos, de secados y mezclados con cal. En la mezcla, un gramo de barro contenía 100 millones de esporas. Entre 1939 y 1953 unos 94 acres de terreno en estados del Este fueron tratados con esto en un plan cooperativo federal-estatal; otros espacios de terrenos federales fueron sometidos al mismo tratamiento; y otra extensa área no delimitada exactamente lo fue asimismo por organizaciones privadas o individuos particulares. En 1945 las esporas de la enfermedad lechosa estaban extendidas entre las colonias de escarabajos de Connecticut, Nueva York, Nueva Jersey, Delaware y Maryland. En ciertas extensiones estudiadas la infección de gorgojos había llegado al 94 por ciento. La distribución planeada continuó como empresa gubernamental en 1953 y de la producción se encargó un laboratorio particular que continúa abasteciendo a individuos, clubs, asociaciones ciudadanas y otros interesados en la limitación de escarabajos.

Las extensiones del Este donde dicho plan fue llevado a efecto, disfrutan ahora de un elevado grado de protección natural contra el coleóptero. El organismo permanece activo en el terreno por espacio de años y por consiguiente es útil a todos los intentos y propósitos permanentes, aumenta en efectividad y es difundido continuamente por oficinas regionales.

¿Por qué, pues, con estos impresionantes resultados en el Este, no se eligieron los mismos procedimientos en Illinois y en otros estados del centro, donde la batalla química contra el escarabajo se está desplegando ahora con tal furia?

Se nos ha dicho que la inoculación de la enfermedad lechosa es «demasiado cara», aunque nadie lo consideró así en los 14 Estados del Este en 1940. Además, ¿con qué clase de cuentas se ha llegado a la conclusión de que sea «demasiado cara»? Ciertamente que con ninguna que enjuicie los verdaderos costos de la total destrucción realizada c'on planes como el de las rociadas de Sheldon. Estas cuentas ignoran también el hecho de que la inoculación por medio de esporas sólo necesita hacerse una vez; el primer gasto es el único.

También se nos ha dicho que la enfermedad por esporas no puede aplicarse en la periferia del terreno en que se desenvuelven los escarabajos, porque sólo es útil donde un fuerte contingente de gorgojos exista *ya* en el terreno. Como muchos otros informes que apoyan las pulverizaciones químicas, éste necesita ser discutido. La bacteria que causa la enfermedad lechosa se ha descubierto que infecta por lo menos a otras 40 especies de escarabajos que tienen una amplia expansión y, por consiguiente serviría para atacar incluso donde las colonias de escarabajos japoneses son pequeñas o inexistentes. Además, a causa de la larga actividad de las esporas en el terreno, éstas pueden introducirse incluso cuando no existen gorgojos, como en el límite de la actual infestación de escarabajos, para que estén allí en espera de su avance.

Los que desean resultados inmediatos, cuesten lo que cuesten, seguirán sin duda usando los productos químicos contra ese coleóptero. Y lo mismo harán los que favorecen la moderna orientación de hacer que caigan las cosas en desuso, porque el control químico necesita frecuentes y costosas repeticiones.

Por otra parte, los que desean esperar una o dos temporadas más para ver los resultados completos, volverán a utilizar la enfermedad lechosa; así se encontrarán recompensados con una labor duradera que se hace más efectiva, en vez de menos, con el paso del tiempo.

Un extenso plan de investigación está en marcha en el laboratorio de Peoria, Illinois, sostenido por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, a fin de encontrar la forma de cultivar el organismo de la enfermedad lechosa en un medio artificial. Esto reducirá grandemente su coste y animará a que se extienda su empleo. Después de años de trabajo, se han dado informes de haber alcanzado algunos éxitos. Cuando este «eliminador» se haya establecido ampliamente, quizá alguna salubridad y perspectiva se restablezcan en nuestro combate con el escarabajo japonés, que en la cumbre de sus depredaciones nunca ha justificado la pesadilla de excesos que representan algunos de esos

planes del Medio Oeste.

Incidentes como el chubasco de producto químico de Illinois quizá rocen una cuestión que no sólo es científica sino moral. La cuestión es si alguna civilización puede desencadenar una guerra implacable sin destruirse a sí misma y sin perder el derecho a llamarse civilización.

Esos insecticidas no son venenos selectivos; no separan las especies de las que deseamos librarnos. Cada uno de ellos es usado por la sencilla razón de que es un veneno mortal. Por consiguiente emponzoña toda vida con la que se pone en contacto: el gato querido por alguna familia; el ganado del granjero; el conejo en el campo y la alondra que surca el firmamento. Esas criaturas son inocentes de haber hecho daño alguno al hombre. La verdad es que por su sola existencia, ellas y sus semejantes hacen más grata la vida humana. Y sin embargo su recompensa es una muerte no sólo repentina, sino horrible. Los observadores científicos de Sheldon describían los síntomas de una alondra silvestre hallada próxima a expirar: «Aunque carece de coordinación muscular y no puede volar ni sostenerse, continúa batiendo las alas y contrayendo las garras mientras está tendida de lado. Tiene el pico abierto y la respiración es difícil». Pues más lastimoso era el mudo testimonio de las ardillas muertas en el suelo que «mostraban una característica actitud de muerte. El dorso estaba enarcado y las patas traseras con los dedos fuertemente engarabitados, se hallaban encogidas cerca del tórax... La cabeza y el cuello estirados y la boca muchas veces llena de suciedad, indicaban que el moribundo animal había estado mordiendo la tierra».

Al asentir a un acto que causa semejantes sufrimientos a una criatura viviente, ¿quién de entre nosotros no queda disminuido como ser humano?

8. Y ningún pájaro canta



Sobre crecientes extensiones de Estados Unidos, llega ahora la primavera sin ser anunciada por el regreso de los pájaros, y los tempranos amaneceres están extrañamente silenciosos allí donde antes se llenaban de la belleza del canto de las aves. Este repentino silencio, esta obliteración del color, de la belleza y del interés que los pájaros confieren a nuestro mundo, ha venido astuta, insidiosamente y sin ser notado por aquellos cuyas colectividades aún no han sido afectadas.

Desde la ciudad de Hinsdale, Illinois, un ama de casa escribió desesperada a uno de los más destacados ornitólogos del mundo: Robert Cushman Murphy, «Curator Eméritus» de Aves del Museo norteamericano de Historia Natural:

> Aquí, en nuestra villa, los olmos han sido pulverizados durante años (escribía en 1958). Cuando vinimos aquí, hace seis, había una riqueza en pájaros; yo coloqué un comedero y tenía un verdadero río de zorzales, jilgueros, cardenales, aguzanieves y sitas todo el invierno, y los cardenales traían a sus crías en verano.
>
> Después de varios años de rociadas con DDT, la ciudad ha sido

> casi devastada de petirrojos y estorninos, los vencejos no se han presentado en mi ventana desde hace dos años, y éste también han desaparecido los cardenales; todo lo que queda en la vecindad parece que consiste en un par de pichones y quizá una familia de avegatos.
>
> Es duro explicar a los niños que se ha matado a los pájaros cuando aprendieron en la escuela que la ley federal protege a las aves de capturas o daños. «¿Volverán alguna vez?», preguntan, y yo no encuentro respuesta que darles. Los olmos todavía se están muriendo, y lo mismo los pájaros. ¿Se hace algo por salvarlos? *¿Puede* hacerse algo? ¿Puedo yo hacer algo?

Un año después el Gobierno federal había lanzado un plan masivo de pulverizaciones contra las hormigas y una mujer de Alabama escribió: «Nuestra región ha sido un verdadero santuario para los pájaros durante medio siglo. El pasado julio todos nosotros observamos: "Hay más pájaros que nunca". Después, de pronto, en la segunda semana de agosto, desaparecieron todos. Yo estaba acostumbrada a levantarme temprano para cuidar a mi yegua favorita, que había tenido un potrillo. No se oía ni el más leve sonido de cantos de pájaros. Yo estaba sobrecogida, aterrada. ¿Qué es lo que está haciendo el hombre de nuestro perfecto y bello mundo? Por fin, cinco meses después, aparecieron un arrendajo y un reyezuelo».

Los meses de otoño a los que se refería, trajeron otros sombríos informes desde lo más hondo del Sur: en el Mississippi, Luisiana y Alabama, «Notas Agrícolas», publicadas cuatrimestralmente por la Sociedad Nacional Audubon y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, recogían el asombroso fenómeno de «espacios vacíos, fantásticamente despoblados por completo de *toda* vida volátil». Las «Notas Agrícolas» son una compilación de reportajes de observadores que han pasado muchos años en el campo de sus territorios particulares y tienen un conocimiento sin par de la vida corriente de los pájaros de sus respectivas regiones. Uno de tales reportajes informaba que yendo por el sur de Mississippi aquel otoño, no había visto «ni un solo pájaro terrestre en largas distancias». Otro, desde Baton Rouge, decía que el contenido de sus comederos había permanecido intacto «durante semanas», mientras que los arbustos frutales de su cercado, que generalmente hacia aquella época estaban ya limpios, seguían aún cargados de bayas. Todavía otro reportaje comunicaba que la foto de su ventana, «que generalmente era la reproducción de una escena salpicada del rojo de 40 o 50 cardenales y abarrotada de otras especies de aves, escasamente ofrecía la vista de más de uno o dos pájaros al mismo tiempo.» El

profesor Maurice Brooks de la Universidad de Virginia Occidental, una autoridad en lo referente a las aves de la región de los Apalaches, decía que la población volátil de Virginia Occidental había sufrido una «increíble reducción».

Un relato puede servir como trágico símbolo del destino de los pájaros. Un destino que ya ha alcanzado a algunas especies y amenaza a otras. Es la historia del petirrojo, el pájaro conocido por todos. Para millones de norteamericanos, el primer petirrojo de la estación significa que se ha roto la garra del invierno. Su llegada es un acontecimiento que señalan los periódicos y del que se habla alegremente en la mesa del desayuno. Y como el número de inmigrantes crece y los primeros brotes verdes surgen en los bosques, millares de personas escuchan el primer coro del amanecer en el que los petirrojos gorjean a la temprana luz matinal. Sin embargo, ahora todo ha cambiado, y ni siquiera el regreso de los pájaros puede ser tomado como dádiva.

La supervivencia del petirrojo y, desde luego, de otras muchas especies asimismo, parece ligada fatalmente al olmo americano, un árbol que forma parte de la historia de millares de ciudades, desde el Atlántico a las Montañas Rocosas, embelleciendo sus calles y las plazas de sus villas y los claustros de los colegios con majestuosos arcos verdes. Ahora, el olmo está herido con una enfermedad que lo aflige en toda su extensión, una enfermedad tan seria, que muchos expertos creen que todos los esfuerzos que se hagan para salvarlo terminarán por resultar estériles. Será trágico perder los olmos, pero será doblemente trágico si, en los vanos esfuerzos por salvarlos, hundimos vastos sectores de nuestra población volátil en la noche de la extinción. Y no obstante, eso es precisamente lo que amenaza.

El llamado mal holandés del olmo entró en Estados Unidos desde Europa alrededor de 1930, en los troncos de los maderos importados para la industria del chapeado. Se trata de una enfermedad ocasionada por hongos; éstos invaden las aguas que arrastran a los troncos, se extiende mediante esporas conducidas por la corriente, entre dos aguas, y mediante sus ponzoñosas secreciones, tanto como por obstáculos mecánicos, causa la caída de las ramas y la muerte del árbol. El mal se extiende del árbol enfermo al sano por medio del escarabajo del olmo. Las galerías que socavan dichos insectos bajo la corteza del árbol enfermo quedan contaminadas con las esporas del hongo invasor, y esas esporas se adhieren al cuerpo del coleóptero y van a donde el escarabajo vuele. Los esfuerzos para dominar el mal de los hongos se han dirigido durante mucho tiempo a exterminar el insecto portador del mismo. En colectividades y colectividades, a través de los más fuertes contingentes de olmos americanos: el Medio Este y Nueva Inglaterra, las pulverizaciones intensivas se han convertido en procedimiento de rutina.

Lo que tales pulverizaciones pueden proporcionar a la vida de los volátiles y especialmente al petirrojo, fue puesto en claro al principio por el trabajo de dos ornitólogos de la Universidad del Estado de Michigan, el profesor George Wallace y uno de sus alumnos graduados, John Mehner. Cuando el señor Mehner empezó a trabajar para el doctorado en 1954, escogió una investigación relacionada con las colonias de petirrojos. Fue casi por casualidad, porque en aquel entonces nadie sospechaba que dichos animales estuvieran en peligro. Pero apenas había emprendido el trabajo, ocurrieron hechos que iban a hacer variar las cosas y, desde luego, a privarle a él de su material.

Las pulverizaciones contra la enfermedad del olmo dieron comienzo en pequeña escala en los claustros de la Universidad, en 1954. Al año siguiente, la ciudad de East Lansing (donde está enclavada la Universidad) se unió a aquella labor, las pulverizaciones se extendieron más allá de los claustros y con el plan local contra la polilla egipcia y el mosquito, operación que ya estaba en marcha, la lluvia de productos químicos aumentó en proporciones de diluvio.

Durante 1954, el año de la primera pulverización ligera, todo pareció marchar bien. En la primavera siguiente los petirrojos inmigrantes empezaron a llegar a los claustros como de costumbre. Como las campanillas azules del obsesionante ensayo de Tomlison «El bosque perdido», «no esperaban ningún mal» cuando ocuparon de nuevo su territorio familiar. Pero pronto se hizo evidente que algo no marchaba. Petirrojos muertos o moribundos empezaron a aparecer en los claustros. Pocos pájaros podían verse en sus actividades normales o reunidos en sus tejados de costumbre. Pocos nidos fueron construidos; pocas crías aparecieron. Los hechos se repitieron con monótona regularidad en sucesivas primaveras. El área pulverizada se había convertido en trampa letal en la que cada oleada de petirrojos inmigrantes era eliminada en el término de una semana. Después se producían nuevas llegadas, sólo para añadir más cifras al número de aves sentenciadas que se veían en aquellos claustros con los temblores de agonía que preceden a la muerte.

«Los claustros están sirviendo de sepultura a la mayoría de los petirrojos que tratan de instalarse en ellos en primavera», dijo el doctor Wallace. Pero ¿por qué? Al principio sospechó una enfermedad que les atacase el sistema nervioso, pero pronto se hizo evidente que «a pesar de las seguridades que se daban a la gente de que sus pulverizaciones insecticidas eran «innocuas» para los pájaros, los petirrojos estaban muriendo por envenenamiento; mostraban los síntomas bien conocidos de pérdida de equilibrio, seguida por temblores, convulsiones y muerte.»

Fueron varios los hechos que sugirieron que los petirrojos eran envenenados, no tanto por contacto directo con los insecticidas cuanto por comer

lombrices de tierra. Las lombrices de los claustros. Esas lombrices habían servido para alimentar, inadvertidamente, a cangrejos de río en un proyecto de investigación, y todos los cangrejos murieron rápidamente. Una serpiente que se guardaba en una jaula del laboratorio sufrió violentas convulsiones después de haber comido tales lombrices. Y éstas son el principal alimento de los petirrojos en primavera.

Una pieza fundamental en el rompecabezas de los petirrojos sentenciados fue pronto proporcionada por el doctor Roy Barker, de la Inspección de Historia Natural de Illinois, en Urbana. La obra del doctor Barker, publicada en 1958, seguía el rastro del intrincado ciclo de acontecimientos a causa de los cuales el destino de los petirrojos está ligado al de los olmos por medio de las lombrices de tierra. Los árboles son rociados en primavera (usualmente en un promedio de 2 a 5 libras de DDT por cada 50 pies de árbol, equivalente a *23 libras por acre*, donde los olmos son numerosos) y frecuentemente, otra vez en julio, a la mitad poco más o menos, de dicha concentración. Potentes pulverizadores dirigen un torrente de veneno a todo lo largo de los más altos árboles, matando directamente no sólo el organismo perseguido, el escarabajo del olmo, sino otros, incluyendo las especies himenópteras como las abejas, las arañas y los escarabajos. El veneno forma una película consistente sobre las hojas y la corteza. Las lluvias no la lavan. En otoño las hojas caen a tierra, se acumulan en lechos empapados y empieza el lento proceso de fundirse con el mantillo. En éste son ayudadas por el trabajo de las lombrices de tierra, que se alimentan de las hojas descompuestas, porque las hojas de olmo figuran entre sus alimentos favoritos. Al comerse las hojas se tragan también el insecticida, acumulándolo y concentrándolo en su cuerpo. El doctor Barker encontró depósitos de DDT en todo el aparato digestivo de las lombrices, en la sangre, en las venas, en los nervios y en las paredes del cuerpo. Indudablemente, algunas de las propias lombrices murieron, pero otras sobrevivieron para convertirse en «amplificadores biológicos» del veneno. En primavera regresaron los petirrojos para añadir otro anillo a la cadena. Solo 11 lombrices grandes de tierra pueden transferir una dosis letal de DDT a un petirrojo. Y 11 lombrices son una pequeña parte de la diaria ración de un pájaro que se come de 10 a 12 lombrices en otros tantos minutos.

Si bien no todos los petirrojos recibieron una dosis venenosa, otra consecuencia puede llevarles al mismo resultado de exterminio con tanta seguridad como el veneno. La sombra de la esterilización se cierne sobre todos los pájaros estudiados e indudablemente amenaza con incluir a todo ser viviente que se encuentre dentro de ese poderoso alcance. Ahora sólo pueden encontrarse dos o tres docenas de petirrojos cada primavera en la totalidad de los 185 acres

de terreno de los claustros de la Universidad de Michigan, mientras que uno de los protectores estimaba en 370, sobre poco más o menos, los pájaros adultos de esa especie que se encontraban dentro del área antes de las fumigaciones.

En 1954 cada nido de petirrojos bajo la observación de Mehner producía crías. Hacia fines de junio de 1957, Mehner pudo encontrar *sólo un polluelo,* cuando en los años anteriores a las rociadas, por lo menos 370 crías (la sustitución normal de la población adulta) habían estado ensayando sus primeros vuelos sobre los claustros. Un año después, el doctor Wallace informaba: «En ningún momento durante la primavera o el verano (de 1958) ví un solo petirrojo con las primeras plumas en parte alguna del claustro principal, y lo mismo fracasé al buscar a alguien que lo hubiese visto por allí».

Parte de esta incapacidad para reproducirse es debida, sin duda, al hecho de que una o más parejas de petirrojos mueran antes de que el ciclo para empollar haya sido completado. Pero Wallace tiene datos muy significativos que indican algo más siniestro: la verdadera destrucción de la capacidad de los pájaros para reproducirse. Tiene, por ejemplo, «informes de petirrojos y otras aves que construyen sus nidos, pero no ponen huevos, y otros que, después de ponerlos e incubarlos, no logran las crías. Tenemos el caso de un petirrojo que empolló cuidadosamente sus huevos durante 21 días y no sacó la pollada. El período normal de incubación es de 13 días... Nuestros análisis demostraron altas concentraciones de DDT en los testículos y en los ovarios de pájaros adultos», manifestó ante el comité de un congreso en 1960. «Diez machos tenían cantidades que oscilaban entre 30 y 109 micrones de gramo en los testículos, y dos hembras 151 y 211 micrones, respectivamente, en los folículos de los huevos en los ovarios.»

Pronto, estudios en otras áreas empezaron a sacar a la luz hallazgos igualmente funestos. El profesor Joseph Hickey y sus discípulos de la Universidad de Wisconsin, después de estudios comparativos muy detenidos de terrenos pulverizados y sin pulverizar, informaron que la mortalidad de los petirrojos era por lo menos del 86 al 88 por ciento. El Instituto Cranbrook de Ciencia de Bloomfield Hills, Michigan, en un esfuerzo por abarcar la extensión de las pérdidas de aves causadas por las rociadas en los olmos, pidió en 1956 que todos los pájaros que se supusiera habían sido víctimas de envenenamiento por DDT, fueran llevados al Instituto para su examen. La reclamación tuvo una respuesta muy superior a todo lo esperado. En pocas semanas las enormes refrigeradoras facilitadas por el Instituto llegaron al máximo de capacidad, hasta el punto de que tuvieron que ser rechazados otros ejemplares. Hacia 1959 se habían entregado o se informaba de un millar de pájaros envenenados en esta sola colectividad. Aunque el petirrojo era la primera víctima (una mujer que

llamó al Instituto informó de 12 petirrojos que cayeron muertos en su césped mientras estaba hablando), otras 63 especies diferentes fueron incluidas entre los ejemplares examinados en el Instituto.

El petirrojo es, por consiguiente, sólo un eslabón en la cadena de devastaciones unida a la pulverización de los olmos, e incluso el plan relativo a los olmos es uno más entre la multitud de programas de pulverizaciones que cubren de veneno nuestras tierras.

Enorme mortandad ha sido ocasionada entre unas 90 especies de aves, incluyendo las más familiares a los habitantes de los suburbios y a los naturalistas aficionados. Los pájaros en general, han disminuido tanto como en un 90 por ciento en algunas de las ciudades pulverizadas. Como veremos, toda la variedad de especies de pájaros ha sido afectada: los que se alimentan en la tierra, los que se alimentan en las ramas o en los troncos de los árboles y los de presa.

Resulta razonable suponer que todas las aves y mamíferos que dependen básicamente de lombrices u otros organismos del mantillo para su alimentación están amenazados de la misma suerte que ha corrido el petirrojo. Unas 45 especies de pájaros incluyen las lombrices en su dieta. Entre ellos figura el pájaro carpintero, una especie que en invierno se aloja en terrenos del Sur que recientemente han sido pulverizados fuertemente con heptacloro. Acaban de hacerse dos descubrimientos significativos acerca del pájaro carpintero. Las polladas de pájaros de New Brunswick que se alimentan en la tierra han sido definitivamente reducidas, y los adultos analizados contenían grandes residuos de DDT y heptacloro.

Ya se poseen documentos consternadores de fuerte mortandad entre más de otras 20 especies de aves comedoras en tierra, cuyo alimento —gusanos, polillas, gorgojos y demás organismos del mantillo— ha sido envenenado. Entre ellas tres clases de pinzones cuyos cantos figuran entre los más exquisitos de las aves canoras: el oliváceo, el madero y el ermitaño. En cuanto a los gorriones que vuelan por los arbustos bajos de los bosques y picotean con piídos y susurros entre las hojas caídas —el gorrión que gorjea y el de blanca garganta— también se cuentan entre las víctimas de las pulverizaciones de los olmos.

Igualmente los mamíferos pueden ser complicados fácilmente en el ciclo, directa o indirectamente. Las lombrices de tierra figuran como alimento importante entre los habituales del mapache y en primavera y otoño también se las comen las zarigüeyas. Los cavadores de túneles como el topo y el hurón las capturan en grandes cantidades y acaso entonces pasen el veneno a las aves de rapiña como las lechuzas y los mochuelos. Algunas lechuzas que se han hallado moribundas, fueron recogidas en Wisconsin después de grandes lluvias de

primavera, quizá envenenadas por comer lombrices de tierra. Halcones y mochuelos se han encontrado presas de convulsiones; grandes mochuelos, lechuzas, halcones rojos, halcones gorrión, halcón de las landas. Todos pueden ser víctimas de envenenamientos secundarios, causados por comer pájaros o ratones que acumularon insecticidas en el hígado u otro órgano.

No sólo son las criaturas que se alimentan en la tierra o las que las apresan las que están amenazadas por las pulverizaciones lanzadas sobre los olmos. Todos los que comen en las copas de los árboles, los pájaros que cazan los insectos de las hojas, han desaparecido de los territorios sometidos a fuertes pulverizaciones, entre ellos esos espíritus de los bosques que son los reyezuelos, los delgados hormigueros, los verderones, los moñudos rojos y los moñudos dorados y muchos de los herreruelos, cuyas hordas inmigrantes vuelan a través de los árboles en primavera como un río multicolor de vida. En 1956, la primavera tardía aplazó las pulverizaciones de modo que coincidieron con la llegada de una oleada excepcionalmente densa de inmigrantes herreruelos. Casi todas las especies de herreruelos o cerrojillos presentes en el contorno estuvieron representadas en la abundante matanza que siguió. En Whitefish Bay, Wisconsin, por lo menos un millar de éstos fue visto en años anteriores; en 1958, después de las pulverizaciones de los olmos, los observadores sólo pudieron descubrir dos. De este modo, con adiciones procedentes de otras colectividades, la lista crece, y los herreruelos muertos por las rociadas, incluidos aquéllos que más encantan a los que los conocen: los blancos y negros, los amarillos, los magnolia y los «Cape May»; el clarín de la selva cuya llamada vibra en los bosques; el pardillo, cuyas alas tienen una pincelada roja; el paro carbonero, el canadiense y el verderón de cuello negro. Todos esos que se alimentan en las copas de los árboles, están afectados, bien directamente, por comer insectos envenenados, o bien indirectamente por desaparición de su alimento.

La pérdida del alimento también ha azotado duramente a las golondrinas que surcan los cielos cazando a los insectos del aire, como los arenques tragan el plancton en el mar. Un naturalista de Wisconsin informaba: «Las golondrinas han sufrido un gran revés. Todo el mundo se queja de las pocas que hay en comparación con cuatro o cinco años atrás. Nuestro cielo estaba lleno de ellas hace sólo cuatro años... Esto puede obedecer tanto a la escasez de insectos a consecuencia de las pulverizaciones como al envenenamiento de los insectos.»

El mismo observador escribió lo siguiente respecto a otros pájaros: «Otra pérdida lamentable es la del pájaro del sol. El ave del paraíso se ve alguna que otra vez, pero el robusto pájaro del sol, más común, no existe ya. Yo he visto uno esta primavera y también uno solo la pasada. Otros ornitólogos de Wisconsin se quejan de lo mismo. Yo tuve cinco o seis pares de cardenales antes, pero ahora

ninguno. Reyezuelos, petirrojos y mochuelos acostumbraban a anidar cada año en nuestro jardín. Ahora no hay ninguno. En las mañanas estivales no hay un solo canto de pájaro. Sólo quedan abubillas, palomos, estorninos y gorriones ingleses. Esto es trágico. Yo no puedo soportarlo.»

Las pulverizaciones retardadas que fueron aplicadas a los olmos en otoño y cuyo veneno quedó en cada resquicio de la corteza, son probablemente las culpables de la enorme reducción observada entre los papafigos, trepatroncos, zapapicos y arrendajos. Durante el invierno de 1957-58, el doctor Wallace no vio papafigos ni gallos de roca, en la estación en que se ceban, por primera Vez en muchos años. Tres papafigos que halló después le proporcionaron una pequeña y triste lección, paso tras paso, una enseñanza de causa y efecto: uno estaba comiendo en un olmo, otro agonizaba con los síntomas característicos del DDT y el tercero estaba muerto. El segundo tenía, según se descubrió después, 226 micrones de DDT en los tejidos.

Los habituales alimentos de todos esos pájaros, no sólo les hacen especialmente vulnerables a los insecticidas, sino también consiguen que su pérdida sea deplorable para la economía por razones menos tangibles. El alimento estival del trepatroncos de buche blanco y el de los trepadores arañeros pardos, por ejemplo, se compone de huevos, larvas, etc. de gran número de insectos —incluidos éstos en estado perfecto— dañinos a los árboles. Unas tres cuartas partes del alimento del arañero es animal, comprendidos todos los estados de la vida del insecto. El sistema de comer de los arañeros se describe en la monumental obra de Bent «Historia de la vida de las aves de Norteamérica». Dice: «Cada pájaro examina minuciosamente la corteza, las ramas y los vástagos de los árboles buscando pequeños bocados (arañas, huevos, capullos y cualquier otra clase de embriones de vida insectil).»

Varios estudios científicos han señalado el importante papel de los pájaros en la limitación de los insectos. Así, el carpintero es el control básico del escarabajo Engelmann del abeto, ya que reduce sus colonias de un 45 a un 98 por ciento y es asimismo importante en la reducción de la polilla enrollada de los huertos de manzanas. El gallito y otros pájaros residentes en la invernada son útiles para proteger los huertos contra diversas orugas.

Pero lo que sucede en la naturaleza no está permitido en el moderno mundo lavado con productos químicos, donde las pulverizaciones destruyen, no sólo los insectos, sino su principal enemigo: el pájaro. Cuando más tarde se produzca una reaparición de la población insectil, como casi siempre sucede, los pájaros no estarán aquí para mantener reducido su número. Como el Conservador de Pájaros en el Museo Público de Milwaukee, Owen J. Gromme, escribió al «Journal» de Milwaukee: Los mayores enemigos de los insectos son otros

insectos de rapiña, los pájaros y algunos mamíferos pequeños, pero el DDT mata indistintamente a todos, incluidos los guardianes o policías particulares de la propia naturaleza... En nombre del progreso vamos a convertirnos en víctimas de nuestros diabólicos métodos de control insecticida para proporcionarnos temporal comodidad y acabar perdiendo a la larga. ¿Por qué medios controlaremos nuevas plagas que ataquen las restantes clases de árboles después que los olmos hayan desaparecido, cuando los guardianes de la naturaleza (los pájaros) queden barridos por el veneno?»

Mr. Gromme informó de que las llamadas y las cartas acerca de pájaros muertos y moribundos habían crecido rápidamente en los años que siguieron a las primeras rociadas de insecticidas en Wisconsin. Las consultas revelaban siempre que las pulverizaciones se habían efectuado en los lugares donde morían los pájaros.

Los experimentos de Mr. Gromme habían sido facilitados por ornitólogos y conservadores de la mayor parte de los Centros de investigación del Medio Este, tales como el Instituto Cranbrook de Michigan la Inspección de Historia Natural de Illinois y la Universidad de Wisconsin. Una ojeada a la Sección de cartas de los lectores de periódicos en casi todos los sitios en que se habían efectuado pulverizaciones pone de relieve el hecho de que los ciudadanos no sólo se sienten indignados y en rebeldía, sino que demuestran con frecuencia una aguda comprensión del peligro y la inconsistencia de tales prácticas mandadas por los funcionarios encargados de tal misión. «Estoy temiendo que se acerquen los días en que una gran cantidad de hermosos pájaros empiecen a morir en nuestra azotea», escribió una mujer de Milwaukee. «Esta es una dolorosa y sensible situación... Y sin embargo, es un fracaso desesperante, porque evidentemente tal desastre no sirve para la finalidad que se busca... Mirando el asunto con detenimiento, ¿podemos proteger a los árboles sin proteger también a los pájaros? Dentro del equilibrio de la naturaleza, ¿no se salvaguardan unos a otros? ¿Es posible conservar las fuerzas naturales sin destruirlas?»

La idea de que los olmos, por majestuosos y benéficos que sean, no representan un «tabú» y por consiguiente no justifican la destrucción final de todas las demás formas de vida, se manifiesta asimismo en otras cartas. «Siempre he amado a nuestros olmos, que parecen la impronta de nuestros territorios —escribía otra mujer de Wisconsin—. Pero existen muchas clases de árboles... También debemos salvar a nuestros pájaros. ¿Puede nadie imaginar algo tan triste y lamentable como una primavera sin el canto de un petirrojo?»

Ante la reacción del público, la cosa puede parecer de sencillez meridiana: ¿Pájaros u olmos? Pero no es tan simple como todo eso, y por una de esas ironías que abundan en todo el ámbito de los controles químicos, puede ocurrir

que acabemos por no tener ninguna de las dos cosas si continuamos por el actual y ya trillado camino. Las pulverizaciones están matando a los pájaros, pero no salvan a los olmos. La ilusión de que la salvación de los olmos está al cabo de una manguera de pulverizar, es una peligrosa autosugestión que va conduciendo a una colectividad tras otra a un callejón de enormes gastos que no producen resultados duraderos. Greenwich y Connecticut han estado pulverizando por espacio de diez años. Después de esto, un año húmedo trajo condiciones especialmente favorables para el escarabajo, y la mortalidad de los olmos creció en un 1.000 por ciento. En Urbana, Illinois, donde está situada la Universidad de Illinois, la enfermedad holandesa del olmo apareció por vez primera en 1951. Se emprendieron las rociadas en 1953. Hacia 1959, a pesar de los seis años de tratamiento, los claustros de la Universidad habían perdido el 86 por ciento de los olmos, la mitad de ellos víctimas de la enfermedad holandesa.

En Toledo, Ohio, una experiencia similar llevó al Superintendente de Bosques, Joseph A. Sweeney, a considerar de un modo realista los resultados de las pulverizaciones, iniciadas allí en 1953 y continuadas en 1959. Sin embargo, Mr. Sweeney había comprobado que, entre tanto, la infestación y exfoliación de los arces algodoneros había empeorado después de las rociadas aconsejadas por «los libros y las autoridades». El señor Sweeney decidió revisar personalmente los resultados de pulverizar contra el mal holandés del olmo. Sus descubrimientos le estremecieron. En la ciudad de Toledo halló que «las únicas extensiones de terreno donde se había conseguido algún control eran aquellas en que habíamos empleado la decisión de arrancar los árboles enfermos o que estaban en período de incubación del mal. Donde se dependía de las pulverizaciones, la enfermedad no tenía límites. En la región, donde no se había hecho nada, el mal no se había desarrollado tan rápidamente como en la propia capital, lo que indica que las pulverizaciones venenosas destruyen todas las defensas naturales.

»Ahora estamos dando de lado a dicho sistema para combatir la enfermedad holandesa del olmo. Esta medida me ha puesto en conflictos con la gente que se apoya en recomendaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Pero yo me baso en los hechos y actuaré en consonancia con ellos.»

Es difícil comprender el porqué esas ciudades, donde el mal se ha desarrollado más bien recientemente, se hayan metido en ambiciosos y caros planes de pulverizaciones, sin que, al parecer, hayan esperado a investigar lo sucedido en otros lugares que ya tienen extensos conocimientos del problema. El Estado de Nueva York, por ejemplo, tiene, con toda seguridad el más largo historial de experiencias continuas acerca de la enfermedad del olmo, porque fue por el puerto de Nueva York por donde se cree que el olmo enfermo entró en

Estados Unidos alrededor de 1930.

Y hoy en día, el Estado de Nueva York reúne una documentación verdaderamente impresionante acerca de la limitación y supresión de la enfermedad. Sin embargo, no ha confiado en las pulverizaciones. De hecho, sus Servicios de agricultura no recomiendan ese sistema como método de control para la colectividad.

¿De qué modo, pues, ha conseguido tan excelente resultado? Desde los primeros tiempos de la batalla en pro de los olmos hasta ahora, lo ha confiado todo a una rigurosa salubridad o a la rápida supresión y destrucción de toda madera enferma o infectada. Al principio, algunos de los resultados fueron desalentadores, pero esto se debió a que primeramente no se comprendía que no sólo los olmos afectados, sino toda la madera de olmo en la que pudieran alimentarse los escarabajos, debía ser destruida. La madera infectada, después de haber sido cortada y almacenada para leña, suelta montones de escarabajos portadores de hongos si no se quema antes de la primavera. Son los escarabajos adultos que surgen de la hibernación para alimentarse en abril y mayo los que transmiten la enfermedad holandesa del olmo. Los entomólogos de Nueva York han aprendido por experiencia qué clase de material que sirve de alimento al escarabajo tiene verdadera importancia en la propagación de la enfermedad. Reuniendo ese peligroso material han hecho posible, no sólo la obtención de buenos resultados, sino mantener el costo del programa de salubridad dentro de límites razonables. Hacia 1950, la enfermedad holandesa del olmo en la ciudad de Nueva York había sido reducida al 2/10 por ciento de los 55.000 olmos de la ciudad. En 1942 se desarrolló en el condado de Westchester un programa de sanidad. Durante los 14 años siguientes, la proporción de pérdidas anuales de olmos fue sólo del 2/10 por ciento. Buffalo, con 185.000 olmos, tiene una excelente documentación de esfuerzos y logros en la disminución del mal mediante el saneamiento, con unas pérdidas anuales recientes que alcanzan al 3/10 por ciento solamente... En pocas palabras: en esta proporción, se tardarán 300 años en eliminar los olmos de Buffalo.

Lo sucedido en Siracusa es sumamente impresionante. Allí no hubo programa efectivo antes de 1957. Entre 1951 y 1956, Siracusa perdió cerca de 3.000 olmos. Entonces, bajo la dirección de Howard C. Miller, de la Escuela de Bosques de la Universidad del Estado de Nueva York, se organizó un recorrido intensivo para arrancar todos los olmos enfermos y toda madera de olmo que pudiera constituir cualquier clase de alimentación del escarabajo.

El tanto por ciento de pérdidas está ahora ampliamente por debajo del 1 por ciento anual.

La economía del método de salubridad, se ha demostrado por los expertos

en la enfermedad del olmo. «En la mayoría de los casos, el verdadero gasto es pequeño comparado con la probable ganancia». Dice J. G. Matthysse de la Escuela de Agricultura del Estado de Nueva York: «Si éste fuera un caso de muerte o de fractura gravísima de un miembro, dicho miembro habría de ser amputado como precaución contra posibles riesgos de mayores males. Aquí se trata de un montón de leña para el fuego que puede ser usada antes de la primavera, la corteza arrancada o la madera almacenada en un lugar seco. En el caso de enfermedad o muerte de los olmos, el gasto de arrancarlos prontamente para prevenir la propagación del mal no es generalmente mayor de lo que sería inevitablemente más tarde, porque la mayoría de los árboles muertos en circunscripciones urbanas tienen que arrancarse a la larga».

La situación, por lo que se refiere a la enfermedad holandesa del olmo, no es, por consiguiente, desesperada, siempre que se informe a tiempo y se tomen medidas inteligentes al respecto. Mientras que el mal no puede ser combatido por ningún medio conocido hasta ahora una vez se ha infiltrado en una colectividad, sí puede ser contenido mediante resoluciones sanitarias y sin la aplicación de métodos que no sólo son ineficaces, sino que representan la destrucción de las aves. Otras posibilidades existen también en el campo de la biología forestal, donde los experimentos efectuados ofrecen esperanzas de obtener un olmo híbrido resistente a la enfermedad holandesa. El olmo europeo es fuertemente resistente, y muchos de ellos han sido plantados en el D. C. de Washington. Incluso durante un período en que un alto porcentaje de los olmos de la capital se encontraron afectados, no se presentaron casos de la enfermedad entre esos árboles.

El replanteo por medio de viveros y a través de un programa forestal está urgiéndose en colectividades que van perdiendo grandes cantidades de olmos. Esto es sumamente importante y, aunque tal programa puede incluir, naturalmente, olmos europeos resistentes, podría comprender, asimismo, otras variedades similares a las que no atacaran futuras epidemias que privaran de sus árboles a la colectividad. La clave de la obtención de plantas o animales sanos está en lo que el ecólogo inglés llama «la conservación de la variedad». Lo que está sucediendo ahora es en gran parte el resultado del cultivo unificado de las generaciones pasadas. No hace más que una generación, la gente no sabía que el llenar grandes espacios con hileras de una sola especie de árbol era abrir la puerta al desastre. Y por eso, ciudades enteras alineaban exclusivamente olmos en sus calles y en sus parques y hoy se mueren los olmos y lo mismo les ocurre a los pájaros.

Como el petirrojo, otra ave americana parece estar al borde de su extinción.

Se trata del emblema nacional: el águila. Sus colonias han disminuido alarmantemente en la pasada década. Los hechos indican que hay algo en torno a estas aves que ha destruido prácticamente su capacidad para reproducirse. Qué es, aún no se sabe con certeza, pero existen indicios de que consista en los insecticidas.

Las águilas que se han estudiado más en Norteamérica son las que anidan a lo largo de un dilatado espacio costero que se extiende entre Tampa y Fort Myers, en la costa oeste de. Florida. Allí, un banquero retirado de Winnipeg, Charles Broley, conquistó fama como ornitólogo al registrar más de 1.000 aguiluchos, revestidos de un leve plumón, durante los años comprendidos entre 1939-49. (Solo habían sido señaladas 166 águilas anteriormente en la historia de la ornitología). Mr. Broley registra a los aguiluchos como crías durante los meses de invierno, antes de que hayan abandonado sus nidos. Posteriores capturas de pájaros demostraron que esas águilas, nacidas en Florida, se establecen hacia el Norte, a lo largo de la costa del Canadá hasta llegar a la isla del Príncipe Eduardo, aunque anteriormente habían sido consideradas como no migratorias. Hacia otoño, regresan al Sur, habiendo sido observada esta migración en un sitio tan célebre por su ventajosa posición, como Hawk Mountain, al Este de Pensilvania.

Durante los primeros años de sus observaciones, Mr. Broley solía hallar 125 nidos habitados por año en la faja costera que había elegido para su labor. El número de crías registradas cada año era alrededor de 150. En 1947 la producción de polluelos empezó a disminuir. Algunos nidos no contenían huevos; en otros había huevos vanos. Entre 1952 y 1957, alrededor del 80 por ciento de los nidos no tuvo crías. En el último año del mismo período sólo 43 nidos estuvieron ocupados. En siete de éstos hubo pollos (8 aguiluchos); 23 tenían huevos sin germen; 13 eran utilizados por las águilas adultas como simples depósitos de alimentos y no contenían huevos. En 1958, Mr. Broley tuvo que recorrer unas 100 millas de costa para descubrir y registrar un aguilucho. Las águilas adultas, que habían sido avistadas en 43 nidos en 1957, escaseaban tanto que sólo las descubrió en 10 nidos.

Aunque el fallecimiento de Mr. Broley, ocurrido en 1959, terminó con tan valiosa serie de observaciones ininterrumpidas, informes facilitados por la Sociedad Audubon de Florida, así como procedentes de Nueva Jersey y Pensilvania, confirman la suposición de que puede que sea preciso que nos busquemos otro emblema nacional. Los informes de Maurice Broun, Conservador del refugio de Hawk Mountain, son especialmente significativos. Hawk Mountain es una pintoresca cumbre del Sudeste de Pensilvania, donde las estribaciones extremo-orientales de los Apalaches presentan una barrera final a

los vientos occidentales antes de que se abatan sobre la llanura costera. Esos vientos azotan las montañas y se encumbran de tal modo, que muchos días de otoño hay un continuo huracán entre el que los halcones de grandes alas y las águilas, vuelan sin esfuerzo alguno, recorriendo muchas millas del camino de su migración en un día. En Hawk Mountain se entrecruzan los puentes y los caminos aéreos, con lo que, en un extenso territorio que se prolonga hacia el Norte, las aves circulan a través de ese embotellamiento de tráfico.

Durante la colección de años que lleva como conservador del refugio enclavado allí, Maurice Broun ha observado y registrado más halcones y águilas que ningún otro americano. El punto culminante de la migración de las águilas con plumón llega a fines de agosto y primeros de setiembre. Esas aves se reconocen como volátiles de Florida, de regreso a su tierra natal después del veraneo en el Norte. (Después, en otoño y a principios de invierno, unas cuantas de mayor tamaño pasan también. Se cree que pertenecen a una especie norteña que se encamina hacia una desconocida tierra invernal). Durante los primeros años en que el refugio quedó instalado, se registró, desde 1935 a 1939, que el 40 por ciento de las águilas observadas eran jóvenes, fácilmente identificables por su plumaje, uniformemente oscuro. Pero en los últimos años, esas aves se han convertido en una rareza. Entre 1955 y 1959 sólo representaron el 20 por ciento de su número, y un año (1957) sólo había un águila joven por cada 32 adultas.

Las observaciones hechas en Hawk Mountain están de acuerdo con las efectuadas en los demás sitios. Un informe semejante ha llegado de Elton Fawks, funcionario del Consejo de Recursos Naturales de Illinois. Las águilas —probablemente de las que anidan en el Norte— pasan la invernada a lo largo de los ríos Mississipi e Illinois. En 1958, el señor Fawks informó de que en un reciente inventario de 59 águilas adultas, sólo se había observado una joven. Parecidas indicaciones de la extinción de la especie, llegan del único refugio para águilas del mundo: la isla Mount Johnson, en el río Susquehanna. Esa isla, aunque situada solo 8 millas más allá de Conowingo Dam y alrededor de media milla de la costa del Condado de Lancaster, conserva su primitivo estado salvaje. Desde 1934, su único nido de águilas ha estado bajo la observación del profesor Herbert H. Beck, ornitólogo de Lancaster y conservador del refugio. Entre 1935 y 1947, el nido ha sido utilizado con toda regularidad y resultado. A partir de 1947, aunque las aves adultas lo han ocupado y hay evidencias de la puesta de huevos, no ha salido ni una sola cría.

Por consiguiente, tanto en la isla Mount Johnson como en Florida, se da la misma situación: hay algún uso de los nidos por aves adultas, alguna producción de huevos, pero pocas o ninguna cría. Al buscar alguna explicación, sólo surge una que sirve para todos esos hechos. Esta es que la capacidad de reproducción

de las aves ha disminuido tanto por algún agente exterior que casi no se dan nacimientos para mantener la especie.

Exactamente el mismo caso se ha producido artificialmente en otros pájaros por varios científicos, especialmente por el doctor James De Witt, del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos. Los experimentos, que se han hecho modélicos, del doctor De Witt sobre los efectos de una serie de insecticidas en codornices y faisanes han establecido el hecho de que la exposición al DDT y otros compuestos químicos emparentados con éste, incluso cuando no presentan daños visibles en las aves adultas, pueden afectar seriamente a su reproducción. La forma en que se ejerce dicho efecto puede variar, pero el resultado es siempre el mismo. Por ejemplo, la codorniz en cuya dieta se introdujo el DDT durante la época del celo, sobrevivió e incluso produjo una cantidad normal de huevos fértiles. Pero pocos de esos huevos dieron pollo. «Muchos embriones parecieron desarrollarse normalmente en los primeros días de la incubación, pero murieron las crías al salir del cascarón», dice el Dr. De Witt. De los que consiguieron nacer, se extinguieron más de la mitad en 5 días. En otros informes relativos a codornices y faisanes, se manifiesta que los adultos no produjeron huevo alguno si durante el año habían sido sometidos a dietas contaminadas con insecticidas. En la Universidad de California, los doctores Robert Rudd y Richard Genelly, han informado de resultados similares. Cuando los faisanes comieron alimentos en los que se encontraba el dieldrín «la puesta de huevos disminuyó notablemente y los pollos supervivientes fueron desmedrados». Según esos autores, el lento pero fatal efecto en las crías de pájaro que sigue al almacenamiento de dieldrín en la yema del huevo, de la cual es asimilada gradualmente durante la incubación, sigue produciéndose después de salir del cascarón.

Estas observaciones son fuertemente apoyadas por recientes investigaciones del Dr. Wallace y el estudiante graduado Richard F. Bernard, quienes encontraron altas concentraciones de DDT en petirrojos de los claustros de la Universidad del Estado de Michigan. Dichos investigadores hallaron veneno en todos los testículos de petirrojos machos que examinaron, en los folículos de los huevos en desarrollo en los ovarios de las hembras, en los huevos maduros, pero sin poner, en los oviductos, en los huevos sin empollar de nidos abandonados, en los embriones del interior de los huevos y en una pollada entera muerta.

Esos importantes estudios establecen el hecho de que el veneno insecticida afecta a toda una generación separada posteriormente de un contacto inicial con el producto. El almacenamiento de veneno en el huevo, en la sustancia de la yema que alimenta al embrión en desarrollo, es prácticamente la seguridad de la muerte, y explica el por qué tantos pájaros de los estudiados por el Dr. Witt

murieran en el cascarón o pocos días después de nacer.

Las aplicaciones de laboratorio en estudios semejante sobre las águilas, presentan tales dificultades que son casi insuperables, pero ahora están en preparación experimentos en Florida y Nueva Jersey, en el mismo sentido. E igualmente en cualquier lugar donde se tenga la esperanza de adquirir evidencia definitiva sobre la causa de la aparente esterilidad de tantas familias de águilas. Entre tanto, los síntomas evidentes apuntan hacia los insecticidas. En las localidades donde abunda el pescado, éste forma parte ampliamente de la alimentación de las águilas (alrededor del 65 por ciento en Alaska; alrededor del 52 por ciento en el área de Chesapeake Bay). Casi sin excepción, las águilas estudiadas tan a fondo por Mr. Broley, eran predominantemente ictiófagas. Desde 1945 esta zona costera especial ha sido objeto de repetidas pulverizaciones con DDT disuelto en aceite mineral. La finalidad principal de dichas rociadas era el exterminio del mosquito de las marismas que habita los marjales y áreas costeras que son los típicos lugares de aprovisionamiento de las águilas. Peces y crustáceos murieron en enorme cantidad. Los análisis de sus tejidos, efectuados en laboratorios, pusieron al descubierto altas concentraciones de DDT —tanto como 46 micrones por gramo. Igual que los colimbos de Clear Lake, que acumularon fuertes concentraciones de residuos de insecticidas por comer los peces del lago, las águilas han estado almacenando, con toda seguridad, el DDT en sus propios tejidos. E igual que los colimbos, los faisanes, las codornices y los petirrojos, aquéllas son cada vez más impotentes para procrear y conservar la continuidad de su especie.

Desde todas partes del mundo llegan los ecos del peligro que acecha al pájaro en nuestra vida moderna. Los informes difieren en detalles, pero siempre repiten el tema de la muerte para las especies salvajes bajo la ola de plaguicidas. Las referencias respecto a centenares de pajarillos y perdices muertos en Francia después de que los viñedos fueron tratados con herbicidas conteniendo arsénico, y de cazadores de perdices de Bélgica, antaño famosa por el número de sus aves y actualmente privada de ellas después de las pulverizaciones efectuadas en granjas agrícolas, son exactamente iguales.

En Inglaterra el mayor problema parece ser uno especial, relacionado con la creciente práctica de tratar las semillas con insecticidas antes de la siembra. Este tratamiento no es cosa completamente nueva, pero, al principio, los productos químicos principalmente usados eran los fungicidas. Según parece no se registraron efectos nocivos en los pájaros. Después, alrededor de 1956, hubo una modificación en el tratamiento con dobles fines: se añadió al fungicida dieldrín, aldrín o percloruros para combatir los insectos del mantillo. Desde aquel

momento la situación cambió para empeorar.

En la primavera de 1960 un diluvio de informes sobre pájaros muertos llegó hasta las autoridades inglesas relacionadas con la vida silvestre, incluidas el Trust Británico de Ornitología, la Real Sociedad de Protección de Pájaros y la Asociación de Cazadores de Aves. «El lugar está como un campo de batalla», escribía un propietario de Norfolk, «mi guarda ha encontrado innumerables cadáveres, e incluso masas, de pequeños pájaros: pinzones, pardillos, gorriones... la destrucción de la vida silvestre es absolutamente lamentable». Un guarda de caza escribía: «Mis perdices y todos los otros pájaros, incluyendo los faisanes, han sido exterminados con el maíz cultivado. Han muerto centenares de aves... Para mí, como guarda de caza, ha sido un trago muy amargo. Es muy duro ver parejas de perdices que han muerto juntas.»

En una notificación conjunta del Trust Británico de Ornitología y de la Real Sociedad de Protección de Pájaros se hablaba de la muerte de unas 67 aves: una lista que completaba la de las destrucciones que se efectuaron en la primavera de 1960. De esas 67, 59 habían muerto a causa de semillas tratadas y 8 por fumigaciones tóxicas.

Al año siguiente se lanzó una nueva ola de venenos. La muerte de 600 aves en un solo territorio, en Norfolk, fue comunicada a la Cámara de los Lores, así como la de 100 faisanes muertos en una granja de North Essex. Pronto se hizo evidente que esta vez habían quedado implicados más condados que en 1960 (34 contra 23). En Lincolnshire, donde hay mucha agricultura, parecían haberse producido las mayores pérdidas, ya que se informaba de 10.000 pájaros muertos. Pero la destrucción envolvía toda la Inglaterra agrícola, desde Angus, al Norte, hasta Cornualles, en el Sur, y desde Anglesey, al Oeste, hasta Norfolk, en el Este.

En la primavera de 1961, las preocupaciones alcanzaron tal altura, que una delegación de la Cámara de los Comunes efectuó una investigación tomando declaraciones a granjeros, propietarios rurales y representantes del Ministerio de Agricultura y de varias oficinas gubernamentales y particulares relacionadas con la vida silvestre.

«Los palomos caen repentinamente del cielo, muertos», dijo uno de los testigos. «Pueden ustedes recorrer cien o doscientas millas fuera de Londres sin ver un solo cernícalo», informó otro. «No ha habido nada comparable en el siglo actual, ni en ninguna época de la que tengamos conocimiento; éste ha sido el mayor exterminio de la vida silvestre y de la caza que haya ocurrido en la región», declararon funcionarios de la Protección de la Naturaleza.

Las facilidades que se dieron para el análisis químico de las víctimas fueron de las más inadecuadas, ya que sólo dos químicos de la región intervinieron para hacer el examen (un químico del Gobierno y el otro un empleado de la Real

Sociedad para la Protección de los Pájaros). Los testigos declararon que se habían hecho grandes hogueras donde se quemaron los cadáveres de los pájaros. Pero se realizaron esfuerzos para hacerse con los esqueletos recogidos y de los análisis resultó que todos los pájaros menos uno, contenían residuos de plaguicidas. La única excepción fue una agachadiza, que es un pájaro que no come semillas.

Dejando a un lado los pájaros, también los zorros pueden haber sido afectados, probablemente de un modo indirecto, por ingerir ratones o pájaros infectados. Inglaterra, plagada de conejos, necesita zorros como animal de presa. Pero entre noviembre de 1959 y abril de 1960, lo menos 1.300 zorros murieron. Esas muertes fueron las más aflictivas en territorios de los que habían desaparecido virtualmente gorriones, agachadizas, halcones y otras aves de presa y sugirieron que el veneno había sido propagado a través de la cadena de alimentos, alcanzando desde los que se alimentan de semillas hasta los carnívoros de pelo y de pluma. Las actitudes de los raposos moribundos eran las de todos los animales envenenados con insecticidas de hidrocarburos perclóricos.

Fueron vistos dando bandazos, en círculo, aturdidos y medio ciegos, hasta que morían presas de convulsiones.

Las investigaciones convencieron a los delegados de que la amenaza contra la vida silvestre era «de lo más alarmante», y de acuerdo con esto, recomendaron a la Cámara de los Comunes que «el Ministerio de Agricultura y la Secretaría de Estado para Escocia asegurasen la inmediata prohibición del empleo de compuestos que contengan dieldrín, aldrín, percloruros o similares de igual toxicidad para revestir las semillas.» La comisión recomendó asimismo vigilancia más adecuada para asegurar que los productos químicos fueran convenientemente comprobados sobre el terreno, lo mismo que en los laboratorios, antes de ser puestos a la venta. Esta ha sido, vale la pena de insistir, una de las grandes manchas en la investigación de plaguicidas de todo el mundo. Las pruebas en animales corrientes de laboratorio —ratones, perros y conejos de Indias— no incluyen especies silvestres por regla general, ni pájaros, ni peces, y son dirigidas sobre bases controladas y artificiales. Su aplicación a la vida silvestre en el campo es imprescindible.

Inglaterra no está, en modo alguno, sola en el problema de proteger a las aves de las semillas pulverizadas. Aquí, en Estados Unidos, el problema se ha convertido en el más importante por lo que se refiere a los terrenos arroceros de California y del Sur. Durante cierto número de años, los cultivadores de arroz han estado fumigando las semillas con DDT como protección contra los renacuajos enanos y los escarabajos peloteros que a veces dañan la simiente del

arroz. Los deportistas californianos han disfrutado de excelente caza gracias a las concentraciones de aves acuáticas y de faisanes en los campos de arroz. Pero en la última década han llegado de aquellas comarcas insistentes informes acerca de pérdidas de aves, especialmente entre los faisanes, patos y mirlos. «La enfermedad del faisán» se ha convertido en fenómeno conocido. Los pájaros «beben el agua, quedan como paralizados y se les encuentra en las zanjas o entre las matas de arroz, gimiendo», según un observador. La «enfermedad» aparece en primavera, cuando se siembra el arroz. La concentración de DDT que se emplea es varias veces la suficiente para matar a un faisán adulto.

Con el paso de unos cuantos años y el desarrollo de insecticidas aún más ponzoñosos, se incrementa el peligro procedente de semillas pulverizadas. El aldrín, que es 100 veces más tóxico que el DDT para los faisanes, se emplea ahora como revestimiento de las semillas. En los arrozales del Este de Texas, esta práctica ha reducido seriamente las colonias de patos leonados, un pato coloreado de la Costa del Golfo. La verdad es que existen razones para pensar que los arroceros, habiendo encontrado el medio de reducir las colonias de aves, emplean el insecticida con doble propósito y con efectos desastrosos sobre varias especies de volátiles de los arrozales.

Con la costumbre de matar a las crías —la clave para «descastar» cualquier criatura que pueda molestarnos o sernos inconveniente— los pájaros se están convirtiendo en el blanco directo de los venenos más que en víctimas accidentales. Existe una tendencia creciente hacia las pulverizaciones aéreas de venenos mortales, como el paratión, a fin de «controlar» las concentraciones de aves desagradables para los agricultores. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre ha estimado necesario expresar serias preocupaciones acerca de esta práctica, señalando que «las áreas tratadas con paratión, constituyen un peligro en potencia para los seres humanos, los animales domésticos y la vida silvestre». En el Sur de Indiana, por ejemplo, un grupo de agricultores contrataron un avión de pulverización para rociar de paratión un terreno situado al extremo del río. Aquel área era un lugar de reunión de millares de patos que se alimentaban en los maizales próximos. El problema podía haberse resuelto fácilmente por medio de un ligero cambio en el sistema de cultivo —la adopción de una variedad de maíz con mazorcas muy hundidas que no es accesible a las aves— pero los agricultores estaban convencidos de la utilidad de envenenarlas, y así enviaron aviones a cumplir esa misión de muerte.

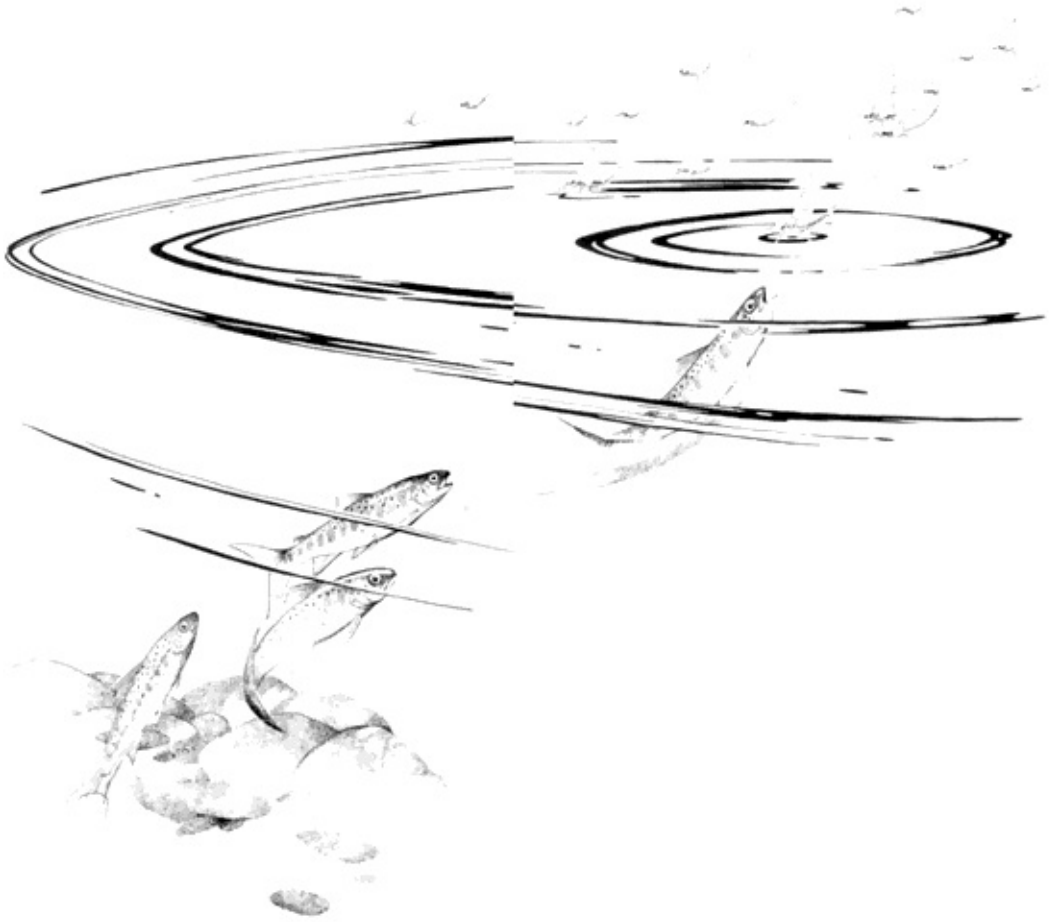
Los resultados premiaron seguramente a los campesinos, porque la lista incluía unos 65.000 mirlos y estorninos envenenados. ¿Qué cantidad de otras bajas producidas entre la vida silvestre pasaron inadvertidas? No se sabe. El paratión no es un veneno específico para los mirlos: es un destructor universal.

Pero las muertes de conejos o mapaches o zarigüeyas, que pudieran haber corrido por aquellos campos y que a lo mejor nunca visitaron los maizales de los agricultores, fueron decretadas por un juez y un jurado que ni conocían su existencia ni les importaba.

Y acerca de los seres humanos, ¿qué? En California, los trabajadores que manipularon las hojas de hortalizas rociadas con ese mismo paratión *un mes* antes, se desmayaron y escaparon a la muerte sólo gracias a los cuidados de los médicos. ¿En Indiana existen aún niños que pasean por los bosques y los campos e incluso pueden ir a explorar las riberas de algún río? Si es así, ¿quién vigila las extensiones envenenadas para apartar de allí al que puede recorrerlas en búsqueda equivocada de un trozo no destruido de naturaleza? ¿Quién mantiene una guardia vigilante para decir al inocente deambulante que los campos en los que está a punto de entrar son nocivos porque toda su vegetación está revestida de una película venenosa? Y no obstante tan peligrosa amenaza, los agricultores, sin nadie que les estorbe, siguen desarrollando su innecesaria guerra contra los mirlos.

En cada una de esas situaciones, uno se detiene para hacer las siguientes preguntas: ¿Quién ha tomado la iniciativa que pone en movimiento esa cadena de envenenamientos, esa ola creciente de muerte que se va extendiendo como la que se forma cuando cae una piedra sobre un lago tranquilo? ¿Quién ha sopesado, situándose aparte, las hojas que deben comerse los escarabajos y a otro lado los montones de plumas de diversos colores que forman los lastimosos restos de las aves que caen bajo el golpe de los venenos insecticidas? ¿Quién ha decidido —quién tiene *derecho* a decidir— en nombre de legiones sin cuento de personas que no han sido consultadas, que el supremo valor corresponde a un mundo sin insectos, aunque tenga que ser un mundo estéril, privado de la gracia de unas alas en vuelo? Esa decisión es la del autoritarismo, temporalmente revestido de poder, y ha sido tomada durante un momento de distracción de millones de individuos para los que la belleza y el orden de la naturaleza en el mundo tienen aún significado profundo e imperativo.

9. Ríos de muerte



Desde las verdes lejanías del Atlántico hay muchos caminos que conducen a la costa. Existen sendas seguidas por peces y, aunque invisibles e intangibles, están unidas con las desembocaduras de los ríos. Durante miles de millares de años, los salmones han conocido y seguido esos hilos de agua fresca que les devuelven a los ríos, y cada uno de dichos animales regresa al afluente donde pasó los primeros meses o años de su vida. Por eso, en el verano y el otoño de 1953, el salmón del río Miramichi que desemboca en la costa de New Brunswick, se trasladó, desde los lugares de su abastecimiento en el lejano Atlántico, a su Miramichi nativo. En la cabecera de este río, en los torrentes que efectúan juntos una perfilada talla de sombreados remansos, el salmón depositó sus huevos aquel año, sobre lechos de grava por encima de los cuales el agua se deslizaba, espumeante y fría. En esos manantiales que brotan en los bosques de altas coníferas, de abetos y hierbas balsámicas, de enebros y pinos, encuentra el

salmón el lugar para el desove que necesita a fin de sobrevivir.

Esto era la repetición de una norma muy antigua, norma que ha hecho del Miramichi uno de los ríos de mejores salmones de Norteamérica. Pero aquel año la norma se iba a romper.

Durante el otoño y el invierno, los huevos, largos y de grueso caparazón, permanecieron en el fondo, no muy profundo y relleno de grava, de viveros o huecos que la madre había excavado en el lecho del torrente. Con el frío invernal se desarrollaron lentamente según costumbre y sólo cuando la primavera trajo el deshielo y la libertad para los torrentes de la selva, la cría de salmón rompió su envoltura. Al principio se escondió entre los guijarros del riachuelo. Era un pez delgaducho, de unos tres centímetros de largo. No comía nada, se alimentaba de la yema de su gran bolsa. Hasta que ésta no fue absorbida no empezó a buscar los pequeños insectos del río.

Con el salmón recién nacido, aquella primavera de 1954 se encontraban crías nacidas anteriormente: salmones de un año o dos, pececitos de brillantes escamas adornadas de listas o lunares de un rojo brillante. Aquellos comían vorazmente, buscando la extraña y variada vida insectil del torrente.

Cuando se acercó el verano todo aquello cambió. Aquel año, el curso noroeste del río Miramichi había sido incluido en un vasto programa de pulverizaciones que el Gobierno canadiense emprendió el año anterior y que tenía por objeto el librar a los bosques de las larvas de orugas del abeto. Esa oruga es un insecto indígena que ataca diversas clases de árboles de hoja perenne. Desde hace unos 35 años parece que se ha hecho sumamente abundante en el Este del Canadá. A principios de 1950 se había producido un aumento en las colonias de esas orugas. Para combatirlas empezaron las pulverizaciones con DDT, primero en pequeña escala, después, en 1953, en proporciones aceleradas. Miles de kilómetros de selva fueron rociados en vez de los centenares del principio, en un esfuerzo desesperado por salvar las coníferas que son la base principal de la industria de pasta de papel.

Así, en el mes de junio de 1954, los aviones recorrieron las extensiones de bosque del noroeste del Miramichi y blancas nubes de productos químicos marcaron con su estela el vuelo de los aparatos. Las pulverizaciones —media libra de DDT por acre en una solución de aceite— cayeron y se filtraron a través de los bosques embalsamados y algunas alcanzaron por fin la tierra y los arroyos y torrentes. Los pilotos, con el pensamiento puesto en la tarea que les había sido asignada, no se esforzaron en evitar los ríos o en cerrar las espitas de las mangueras mientras volaban sobre ellos. Pero como la lluvia del producto era batida por el último soplo de aire, el resultado habría tenido muy poca diferencia aunque lo hubieran hecho.

Muy pronto, después de que se hubo terminado la rociada, empezaron a producirse síntomas indudables de que no todo iba bien. Al cabo de dos días se encontraron a lo largo de las orillas del río, peces muertos o moribundos, incluidos muchos pequeños salmones. Entre estos peces muertos aparecieron también truchas de río, mientras que en los bosques morían los pájaros. Toda la vida del río quedó silenciada. Antes de las pulverizaciones había una rica variedad de esa vida acuática que constituye el alimento del salmón y de la trucha: larvas de caballitos del diablo que viven en bolsas protectoras en las hojas, bastoncitos, unidos unos a otros con una sustancia como saliva, cañutillos que trepan por las rocas en las márgenes de las corrientes y las larvas de moscas que bordean las piedras por los huecos o donde el torrente salta salpicando las rocas apartadas. Pero los insectos del agua habían muerto, matados por el DDT, y no quedaba qué comer para el salmón.

En medio de semejante cuadro de muerte y destrucción, los propios pequeños salmones podían haber escapado difícilmente, y no fue así. Por agosto, no quedaba ninguna de las crías que salieron desde los lechos de grava aquella primavera. El desove de un año completo se había convertido en nada. Las crías mayores, que nacieron un año antes o más, fueron las que salieron mejor libradas. Por cada seis que rompieron su envoltura en 1953 y que estaban cazando insectos cuando se aproximaron los aviones, sólo quedó una. Los jóvenes salmones del desove de 1952, que estaban casi dispuestos para salir al mar, perdieron un tercio de sus miembros.

Todos estos detalles se conocen porque la Oficina de Investigaciones Pesqueras estaba realizando un estudio del salmón en el noroeste del Miramichi desde 1950. Cada año se hacía un censo del pescado que habitaba en aquel río. Los informes de los biólogos registraban el número de salmones adultos que remontaban la corriente hacia la cabecera, el número de crías de cada grupo que se encontrara en él, y la población normal, no sólo del salmón, sino de otras especies de peces que habitaban en el torrente. Con este fichero completo acerca de la situación antes de las pulverizaciones, fue posible medir el destrozo causado por la rociada con una aproximación que difícilmente puede encontrar parangón en ninguna parte.

El recuento puso al descubierto algo más que la pérdida de las crías de pescado: reveló un serio cambio en los propios ríos. Las repetidas pulverizaciones habían alterado completamente el medio ambiente y los insectos acuáticos que eran el alimento de los salmones y truchas habían sido aniquilados. Es necesario muchísimo tiempo, incluso tras una sola rociada, para que esos insectos vuelvan a constituir número suficiente para alimentar una población normal de salmones. Tiempo medido en años más que en meses.

Las especies más pequeñas, como moscas y mosquitos, se rehacen con bastante prontitud. Esos son alimento adecuado para los salmones más pequeños, la morralla que cuenta sólo pocos meses. Pero no se produce tan rápida repoblación en los insectos acuáticos mayores, de los que dependen los salmones de dos o tres años. Estos son, en estado de larva, las libélulas, cañutillos y bastoncillos. Incluso en el segundo año después de que el DDT penetre en el agua, un salmón adulto tendría dificultades para encontrar una ocasional y pequeña libélula. Ya no habría más libélulas, cañutillos ni bastoncitos. En un esfuerzo por suplir este alimento natural, los canadienses trataron de trasladar larvas de cañutillos y otros insectos a los estériles recodos del Miramichi. Pero, desde luego, semejantes huéspedes serían barridos por repetidas pulverizaciones.

Las colonias de orugas, en vez de desaparecer como se esperaba, se habían hecho resistentes, y desde 1955 a 1957, las rociadas se repitieron en varios lugares de New Brunswick y de Quebec, y algunos fueron pulverizados nada menos que tres veces. En 1957, cerca de 15 millones de acres habían sido fumigados. Aunque entonces se suspendieron, una nueva invasión de orugas indujo a repetirlas en 1960 y 1961. La verdad es que no hay evidencia de que las pulverizaciones químicas para la limitación de las orugas, sean algo más que una medida de interrupción pasajera (apuntada hacia la salvación de los árboles amenazados de muerte por defoliación en varios años sucesivos), y así, sus desgraciados efectos secundarios continuarán sintiéndose mientras continúen las pulverizaciones. A fin de minimizar la destrucción de los peces, los funcionarios forestales del Canadá han reducido la concentración de DDT, de la media libra usada al principio a ¼ por acre, según el consejo de la Oficina de Investigaciones Pesqueras. (En Estados Unidos prevalece el tipo mortal de una libra por acre.) Ahora, después de varios años en los que se han podido observar sus efectos, los canadienses han encontrado una situación intermedia, pero se trata de un recurso que proporciona muy pocas satisfacciones a los aficionados a la pesca del salmón, ya que las pulverizaciones continúan.

Una combinación de circunstancias muy poco usuales ha salvado hasta ahora los aledaños del noroeste del Miramichi de la destrucción que fue prevista.. Una reunión de acontecimientos que pudieran no volver a presentarse en un siglo. Es importante saber lo que ha ocurrido allí y las causas de ello.

En 1954, según hemos visto, el manantial de este brazo del Miramichi fue rociado densamente. Desde entonces, excepto por lo que se refiere a una estrecha faja, pulverizada en 1956, la totalidad de la cabecera del río fue excluida del plan de pulverizaciones. En otoño de 1954, una tormenta tropical metió baza en la suerte del salmón del Miramichi. Fue el huracán «Edna», violentísimo fenómeno que se produjo en el mismo extremo de aquella corriente y trajo lluvias

torrenciales a las costas de Nueva Inglaterra y Canadá. El resultado fue que los cauces arrastraron torrentes de agua nueva hacia el mar y atrajeron un número extraordinario de salmones. Como consecuencia, los lechos de grava de los ríos y arroyos que el salmón busca para desovar, recibieron una superabundancia de huevas. Los pequeños salmones nacidos en el noroeste del Miramichi en la primavera de 1955, encontraron circunstancias prácticamente ideales para sobrevivir. Mientras que el DDT destruyó el año antes todos los insectos del río, los menores de esos insectos: los mosquitos y moscas, volvieron a miríadas, el alimento normal del salmón recién nacido, El do aquel año, no sólo encontró alimento abundante, sino también poca competencia en su caza. Esto fue por el triste hecho de que el salmón de más edad había muerto por las pulverizaciones de 1954. En compensación, los que fueron desovados en 1955 crecieron muy de prisa y sobrevivieron en número excepcional. Completaron su desarrollo en el torrente con gran rapidez y se fueron al mar pronto. Muchos regresaron en 1959 para dar grandes paseos por las aguas nativas.

Si los brazos del Miramichi del noroeste se conservan en buenas condiciones relativas, es gracias a que las pulverizaciones sólo se hicieron una vez. Los resultados de la repetición se han visto claramente en otras corrientes de agua, donde se producen alarmantes disminuciones de las colonias de salmones.

En todos los ríos pulverizados, los jóvenes salmones de cualquier tamaño escasean. Los biólogos dicen que los más jóvenes están siendo «prácticamente barridos». En el brazo principal del Miramichi del sudoeste, que fue rociado con insecticida en 1956 y 1957, la pesca efectuada en 1959 fue la más pobre conseguida en una década. Los pescadores insistieron en la extrema escasez del grupo más joven de los que regresaban. En la redada de muestra efectuada en el estuario del Miramichi sólo se capturaron la cuarta parte de los obtenidos en 1959, como en el año anterior. En 1959 la totalidad de las aguas del Miramichi produjeron sólo unos 600.000 salmones jóvenes de los que descienden hacia el mar. Esto significaba menos de un tercio de los pescados en los tres años precedentes.

Ante semejante panorama, el futuro de las pesquerías de salmones puede depender del hallazgo de un sustitutivo del DDT para la fumigación de los bosques.

La situación del este del Canadá no es única excepto, quizá, en lo que se refiere a las extensiones de selvas pulverizadas y la cantidad de datos recogidos. También el Maine tiene sus bosques de abetos y pinos y sus problemas de la lucha contra los insectos. También el Maine tiene sus vías de salmones, resto de las magníficas riadas de días pasados, pero restos conservados duramente por la

labor de biólogos y defensores que han luchado por salvar algunos rincones para esos peces, en ríos cargados con la basura industrial y atascados de troncos. Aunque las pulverizaciones se han usado como arma contra las eternas orugas, las áreas afectadas son relativamente pequeñas y todavía no han incluido importantes corrientes de agua donde crecían los salmones. Pero lo que ha sucedido al pescado de los ríos observados por el Departamento de Pesca Fluvial y Caza del Maine, es quizás un presagio de lo que puede acontecer en el futuro.

«Inmediatamente después de las pulverizaciones de 1958 —informaba el Departamento— aparecieron rémoras moribundas en gran número en Big Goddard Brook. Esos peces mostraban los síntomas característicos del envenenamiento por DDT: nadaban sin rumbo, surgían a la superficie del agua y sufrían temblores y espasmos. En los primeros cinco días después de la rociada, 668 rémoras muertas fueron recogidas en dos redadas. Barbos y rémoras murieron también en gran número en Little Goddard, Carry, Alder y Blake Brooks. Con frecuencia se vieron peces flotando pasivamente corriente abajo, débiles y moribundos. En otras repetidas ocasiones, se encontraron truchas ciegas y agonizantes dejándose llevar por la corriente, más de una semana después de la pulverización.»

(El hecho de que el DDT pueda causar la ceguera en el pescado está confirmado en diversos estudios. Un biólogo canadiense que presenció las fumigaciones en el norte de la isla de Vancouver en 1957, informó que las truchas expirantes pudieron recogerse de los ríos con la mano, porque ni siquiera intentaban escapar. Al examinarlas se vio que tenían una película, blanca y opaca, cubriéndoles los ojos, lo que indicaba que la visión había sido alterada o destruida. Los estudios del laboratorio en el Departamento canadiense de Pesca, demostraron que todo el pescado (salmón «Coho»), no había muerto precisamente por el contacto con bajas concentraciones de DDT (3 micrones de gramo), sino que mostraba síntomas de ceguera, con marcada opacidad del cristalino.)

Dondequiera que haya grandes bosques, los modernos métodos de eliminación insectil, amenazan a los peces que habitan en los ríos que se deslizan a la sombra de los árboles. Uno de los ejemplos más conocidos de destrucción de peces en Estados Unidos, se dio en 1955, como resultado de pulverizar el Parque Nacional de Yellowstone y sus alrededores. En el otoño de aquel año, se encontró tal cantidad de peces muertos en el río Yellowstone, que los pescadores deportivos y los administradores de Caza y Pesca de Montana se alarmaron. Cerca de 90 millas del río fueron afectadas. En unas 300 yardas se hallaron 600 peces que fueron debidamente contados, incluidas truchas castañas, blanquillos y rémoras. Los insectos del río, alimento natural de las truchas, habían

desaparecido.

Los funcionarios del Servicio Forestal declararon que ellos actuaron en la creencia de que 1 libra de DDT por acre era «inofensiva». Pero los resultados de la pulverización debieron ser suficientes para convencer a cualquiera de que esa creencia estaba lejos de ser fundada. Un estudio coordinado se inició por el Departamento de Pesca y Caza de Montana y dos oficinas federales: el Servicio de Pesca y Vida Silvestre y el Servicio Forestal, en 1956. Aquel año las pulverizaciones en Montana cubrieron 900.000 acres y en 1957 fueron tratados asimismo 800.000. Por consiguiente, los biólogos no encontraron dificultades en sus observaciones.

Las características de la muerte son siempre iguales: el olor a DDT en los bosques, un velo aceitoso en la superficie del agua y peces muertos junto a las orillas. Todo el pescado analizado, bien cogido vivo o muerto, tenía almacenado DDT en los tejidos. Como en el este del Canadá, uno de los peores efectos de la pulverización fue la desaparición de los seres vivos que les sirven de alimento. En muchas extensiones estudiadas, los insectos acuáticos y la fauna del fondo del agua, quedaron reducidos a la décima parte de su población normal. Una vez destruidos esos insectos, tan esenciales para la supervivencia de las truchas, cuesta mucho tiempo que reaparezcan. Hasta fines del segundo verano después de la rociada, sólo cantidades deficientes de insectos acuáticos se habían restablecido, y en un río —antes rico en fauna profunda— apenas pudo descubrirse alguna. En ese río, concretamente, el alimento del pescado se hallaba reducido en un 80 por ciento.

El pescado no muere necesariamente en el acto. De hecho, la mortandad diferida puede ser más numerosa que la inmediata y, según lo descubierto por los biólogos de Montana, puede no ser descubierta, ya que tiene efecto después de la estación de pesca. Muchas muertes ocurren en los ríos en observación en el otoño, época del desove del pescado, incluidos la trucha castaña, la trucha de regato y el blanquillo. Eso no es sorprendente, porque en época de debilitación del organismo, sea éste de pez, sea de persona, apela a la grasa natural. Esto lo expone por completo a los efectos letales del DDT almacenado en los tejidos.

Está clarísimo, por consiguiente, que las rociadas en la proporción de una libra de DDT por acre, amenazan seriamente a los peces de los ríos forestales. Sin embargo, el control de la oruga no había terminado en muchas extensiones incluidas en los programas de pulverizaciones. El Departamento de Pesca y Caza de Montana se opuso fuertemente a más fumigaciones, diciendo que «no estaba dispuesto a comprometer los beneficios del deporte de la pesca en programas de necesidad problemática y dudoso éxito». No obstante, el mismo Departamento declaró que continuaría cooperando con el Servicio Forestal «en determinada

forma, para reducir los efectos adversos».

Pero ¿puede tal cooperación conseguir verdaderamente la salvación de la pesca? Una experiencia en la Columbia Británica habla con elocuencia a este respecto. En aquel lugar se estaba produciendo, durante varios años, una invasión de orugas negras. Los funcionarios forestales, temiendo que otra estación de desfloración pudiera dar por resultado graves pérdidas de árboles, decidieron efectuar operaciones de exterminio en 1957. Hubo muchas consultas con el Departamento de Caza, cuyos empleados estaban preocupados con la llegada de los salmones. La División de Biología Forestal convino en modificar el plan de pulverizaciones en todas las formas posibles, disminuyendo su actividad a fin de reducir los peligros para el pescado.

A pesar de tales precauciones, y a pesar también de que aparentemente se hizo un verdadero esfuerzo, *murieron el 100 por ciento de los salmones, por lo menos en cuatro de los mayores ríos.*

En uno de ellos, las crías de un banco de 40.000 salmones «Coho», adultos, fueron casi completamente aniquiladas. Y lo mismo les ocurrió a las de varios miles de truchas aceradas y otras especies de la misma familia. El salmón «Coho» tiene un ciclo de vida de tres años y los bancos se componen casi enteramente de individuos de una misma edad. Como otras especies de salmón, el «Coho» tiene un gran instinto de orientación para regresar a su río natal. No admitirá la repoblación procedente do otros ríos. Esto significa, por consiguiente, que cada tres años será casi inexistente la entrada del salmón en esa corriente. Hasta entonces, por hábiles manipulaciones, repoblación artificial o medios parecidos, se ha podido rehacer esa importante entrada desde el punto de vista comercial.

Hay varios medios para resolver el problema y también para proteger los bosques y salvar los peces. Sacar la conclusión de que debemos resignarnos a convertir nuestras corrientes de agua en ríos de muerte, es entregarnos a la desesperación y a la derrota. Debemos hacer amplio uso de métodos alternos ahora conocidos y entregar nuestro entusiasmo y nuestros recursos a desarrollar otros. Hay casos registrados en los que los parásitos naturales han sometido a exterminio las orugas mejor que las pulverizaciones. Este control natural ha de utilizarse en toda su extensión. Existen posibilidades de emplear menos rociadas tóxicas o, lo que es aún mejor, introducir microorganismos que destruyan las orugas sin afectar el tejido vital del árbol. Después veremos la cantidad de sistemas alternos que existen y lo que ofrecen. Entretanto es importante enterarse de que las pulverizaciones químicas de las selvas no son la única manera de suprimir los insectos, ni tampoco la mejor.

La amenaza que los plaguicidas representan para los peces puede dividirse

en tres partes. Una, como hemos visto, atañe al pescado que recorre los ríos en los bosques del Norte y con el único problema de las pulverizaciones forestales. Se reduce casi por entero a los efectos del DDT. Otro es vasto, desparramado y difuso, porque concierne a diferentes clases de peces: lubinas, ruedas, barbos, rémoras y otros que habitan en muchas clases de agua, quietas o corrientes, en los más diversos lugares del país. También concierne a la totalidad de insecticidas actualmente en uso agrícola, aunque unos cuantos de los principales tóxicos, como el endrín, toxafén, dieldrín y percloruros, pueden retirarse fácilmente del mercado; Sin embargo, hay otro problema, que debe considerarse con atención, encaminado a lo que podríamos lógicamente suponer que ocurrirá en el futuro, porque los estudios para poner los hechos en claro están iniciados únicamente. Éste se relaciona con los peces de las marismas, bahías y estuarios.

Es inevitable que a las importantes destrucciones de peces siga un amplio uso de nuevos plaguicidas orgánicos. Los peces son asombrosamente sensibles a los hidrocarburos perclóricos que constituyen la base de los plaguicidas actuales. Y cuando se hayan aplicado a la superficie de la tierra, será inevitable que algunos se abran camino por el incesante ciclo de las aguas que se mueven entre mar y tierra.

Los informes acerca de las matanzas de peces, algunas de proporciones desastrosas, se han hecho tan frecuentes ahora, que el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos ha instalado una oficina para ordenarlos por Estados como índice de la infección de las aguas.

Éste es el problema que preocupa a una gran cantidad de gente. Unos 25 millones de norteamericanos consideran la pesca como el mejor entretenimiento y por lo menos otros 15 millones son pescadores de caña incidentales. Esa gente gasta tres millares de millones de dólares anuales en licencias, equipo, botes, enseres para acampar, gasolina y hospedaje. Todo lo que les prive de su deporte tendrá grandes repercusiones en la economía nacional. Las pesquerías comerciales representan iguales intereses y, lo que es aún más importante, una fuente esencial de alimento. Pesquerías fluviales y marítimas (incluyendo las de altura) representan nada menos que tres millares de millones de libras de peso al año. No obstante, como ya hemos expuesto, la invasión de torrentes, remansos, ríos y bahías por plaguicidas amenaza tanto a la pesca recreativa como a la comercial.

Pueden encontrarse por doquier, ejemplos de la destrucción de los peces mediante rociadas y fumigaciones agrícolas. En California, por ejemplo, la pérdida de unos 60.000, la mayor parte lubinas, siguió a un intento de limitar con dieldrín el minador del arroz. En Luisiana se produjeron 30 casos o más de fuertes mortandades en un solo año (1960) a causa del uso de endrín en los

campos de caña de azúcar. En Pensilvania se ha matado el pescado a montones por endrín aplicado en huertos a fin de combatir los ratones. El uso de perclorados para el control de las hierbas de las cosechas en las altiplanicies del Oeste, ha sido seguido por la muerte de muchísimos peces de río.

Probablemente ningún programa agrícola se ha efectuado en tan gran escala como las pulverizaciones y rociadas de millones de acres de tierra en el sur de Estados Unidos para exterminar la hormiga roja. Los perclorados, productos usados principalmente, sólo son ligeramente menos tóxicos que el DDT para el pescado. El dieldrín, otro combustible y veneno, tiene una historia bien documentada respecto al gran peligro que representa para toda la vida acuática. Sólo el endrín y el toxafén representan mayor amenaza para los peces.

Todos los terrenos comprendidos en el área de las pulverizaciones, bien fueran tratados con perclorados o con dieldrín, sufrieron efectos desastrosos en la vida fluvial. Unas cuantas frases pueden dar idea de los informes procedentes de biólogos que estudiaron los daños. Desde Texas: «Enormes pérdidas en la vida acuática a pesar de los esfuerzos por proteger los canales». «Peces muertos se hallaron en todas las aguas pulverizadas.» «La matanza de peces fue grandísima y continuó durante cuatro semanas más.» Desde Alabama: «La mayoría del pescado adulto murió (en el Condado de Wilcox) en los días que siguieron al tratamiento». «Los peces de los ríos y de sus afluentes parecieron haber quedado completamente exterminados.»

En Luisiana los agricultores se quejaron de pérdidas en las albercas de las granjas. En un canal se vieron 500 peces muertos, flotando o depositados en la orilla de un tramo de menos de un cuarto de milla. En otra jurisdicción pudieron hallarse 150 ruedas muertas por cada cuatro vivas. Otras cinco especies quedaron, al parecer, completamente barridas.

En Florida se descubrió que el pescado de una extensión tratada igualmente, contenía residuos de perclorados y otro derivado químico: los epóxidos clorados. Entre aquellos peces había lubinas y ruedas, las que, desde luego, son favoritas de los pescadores de caña y corrientemente van a parar a la mesa. Sin embargo, los productos químicos figuran entre los que la Administración de Alimentos y Drogas considera como demasiado peligrosos para el consumo humano, incluso en cantidades mínimas.

Igual de extensos eran los informes de matanzas de peces, ranas y otros seres vivos del agua, presentados por la Sociedad Americana de Ictiólogos y Herpetólogos, una venerable organización científica entregada al estudio de peces, reptiles y anfibios. Ésta presentó unas conclusiones en 1958, en las que pedía al Departamento de Agricultura y a las oficinas del Estado, que cesaran «en la distribución aérea de perclorados, dieldrín y otros venenos equivalentes...

antes de que se haga un daño irreparable». La Sociedad llamaba la atención hacia la gran variedad de peces y otras clases de seres vivos que habitan el sudeste de Estados Unidos, incluidas especies que no existen en ninguna otra parte del mundo. «Muchos de esos animales —advertían— ocupan pequeñas extensiones únicamente, y por lo tanto pueden ser exterminados con toda facilidad.»

Los peces de los Estados del sur han sufrido duramente a causa de los insecticidas usados contra los insectos del algodón. El verano de 1950 fue una estación de desastre en las comarcas algodoneras del norte de Alabama. Antes de aquella fecha sólo se había hecho uso limitado de insecticidas orgánicos para el exterminio de los gorgojos. Pero en 1950 había muchísimos gorgojos a causa de una serie de vientos húmedos y así, un 80 o 95 por ciento de los cultivadores, bajo la presión de agentes del Condado, empezaron a emplear insecticidas. El más utilizado era el toxafén, uno de los más potentes destructores del pescado.

Aquel verano hubo lluvias densas y frecuentes que arrastraron los productos químicos hacia los ríos, por lo que los agricultores echaron más. Un promedio de un acre de algodón recibió aquel año 63 libras de toxafén. Algunos plantadores lanzaron hasta 200 libras por acre; uno, con extraordinario celo, aplicó más de un cuarto de tonelada por acre.

Los resultados hubieran podido preverse fácilmente. Lo sucedido en el riachuelo Flint, que recorre unas 50 millas del territorio algodonero de Alabama antes de desembocar en la alberca de Wheeler, fue característico en la región. El 1 de agosto cayeron torrentes de lluvia sobre el riachuelo Flint. En gotas, en regatos y finalmente en oleadas, el agua se vertió desde la tierra en la corriente. El agua subió dieciséis centímetros sobre su nivel en el caudal. A la mañana siguiente era visible que bastantes otras cosas además del agua, habían sido conducidas al río. Los peces nadaban trazando círculos junto a la superficie. Alguna vez uno se salía del agua hacia la orilla. Pudieron cogerse fácilmente. Un agricultor pescó unos cuantos y los llevó a un estanque alimentado por una vena de agua. Allí, en agua limpia, aquellos pocos se recuperaron. Pero en el riachuelo, el pescado muerto flotó corriente abajo todo el día. Eso no fue sino el preludio de más, porque cada lluvia arrastraba más insecticida hasta el río, matando más peces. La lluvia del 10 de agosto dio por resultado tal cantidad de pescado muerto que sobrevivió muy poco para ser víctima del siguiente suministro de veneno llevado hasta la corriente el 15 de agosto. Pero la evidencia de la mortal presencia de los productos químicos se tuvo colocando doradas de prueba en redes dentro del río. En un día habían muerto.

Entre el pescado condenado del riachuelo Flint se hallaban grandes cantidades de barbos, uno de los favoritos entre los pescadores de caña. También

se encontraron lubinas y ruedas muertas y cayeron abundantemente en la alberca de Wheeler, donde desagua el riachuelo. Toda la población de peces ordinarios de esas aguas fue destruida también: carpas, bogas, percas y mollejas. Ninguno tenía signos exteriores de enfermedad. Sólo los movimientos imprecisos del pez moribundo y el extraño color rojo vino de las agallas.

En las tibias y encajonadas aguas de los estanques de las propiedades agrícolas, las condiciones eran asimismo letales para los peces cuando se aplicaban insecticidas en la localidad. Como tantos otros ejemplos demuestran, el veneno es arrastrado por las lluvias desde las tierras que rodean el estanque y a veces éste recibe, no sólo el barro contaminado, sino una buena cantidad directa, ya que los pilotos descuidan el cerrar la espita de los pulverizadores cuando pasan sobre un depósito de agua. Incluso sin tales complicaciones, la agricultura corriente emplea para exterminar el objeto designado como blanco, concentraciones químicas muchísimo más fuertes que las que serían necesarias. En otras palabras: una importante reducción de los productos cambiaría enormemente las consecuencias mortales, ya que la aplicación de 0,1 de libra por acre es considerada generalmente como peligrosa. Y cuando el veneno se ha infiltrado es difícil quitarlo. Un estanque que había sido tratado con DDT para eliminar unos peces indeseables, quedó tan envenenado después de repetidos drenajes y lavados que mató el 94 por ciento de las ruedas que se le echaron después. Al parecer, el producto químico quedó en el fango del fondo.

La situación no es mejor, evidentemente, que cuando empezaron a usarse los modernos insecticidas. El Departamento de Conservación de la Vida Silvestre de Oklahoma dejó sentado, en 1961, que los informes acerca de las pérdidas experimentadas en estanques particulares y lagos pequeños habían estado llegando por lo menos una vez por semana y que dichos informes iban en aumento. Las causas, generalmente, de tales pérdidas en Oklahoma, eran las que ya se han hecho corrientes por su repetición a lo largo de años: la aplicación de insecticidas en las cosechas, las lluvias intensas y el veneno arrastrado a los depósitos de agua.

En algunas partes del mundo la cría de pescado en estanques proporciona un indispensable incremento a la alimentación. En esos lugares, el empleo de insecticidas sin discernimiento crea problemas inmediatos. En Rodhesia, por ejemplo, las crías de un pez importante para el abastecimiento: el sorgo cafre, han muerto por contacto con sólo 0.04 micrones de gramo de DDT en estanques poco profundos. Incluso dosis más pequeñas de otros muchos insecticidas pueden ser mortales. Las aguas superficiales en las que esos peces habitan, son favorables a la cría de mosquitos. El problema del exterminio de los mosquitos y al mismo tiempo de la conservación del pescado en África Central, es obvio que

no se ha resuelto satisfactoriamente.

La cría del blanquillo en Filipinas, China, Vietnam, Thailandia, Indonesia y la India se enfrenta con un problema similar. El blanquillo se cría en lagunas poco profundas a lo largo de las costas de esos países. Colonias de jóvenes blanquillos aparecen de pronto en aguas costeras (se ignora de dónde proceden) y son pescados y llevados a viveros, donde acaban de desarrollarse. Es tan importante ese pez como suministro de proteínas animales para millones de personas que se alimentan de arroz en el Sudeste asiático y la India, que el Congreso Científico del Pacífico ha recomendado un esfuerzo internacional para buscar criaderos a fin de incrementar la producción a escala masiva. No obstante, se han autorizado las pulverizaciones que causan enormes pérdidas en los criaderos ya existentes. En Filipinas, las pulverizaciones para exterminar mosquitos, han costado muy caras a los propietarios de ese negocio.

Una de las matanzas más espectaculares de peces en los últimos años ocurrió en el río Colorado, al sur de Austin, Texas, en 1961. A poco de amanecer el domingo día 15 de enero, empezaron a aparecer peces muertos en el nuevo lago Town, en Austin, y en el río, a una distancia de 5 millas más abajo del lago. El día anterior no se había visto ninguno. El lunes, hubo informes de lo mismo a 50 millas más allá. Para entonces ya estaba claro que una ola de sustancias venenosas iba bajando por el río. El 21 de enero, iba muriendo el pescado a 100 millas corriente abajo, cerca de La Grange, y una semana después, el producto químico seguía haciendo su obra letal a 200 millas de Austin. Durante la última semana de enero se cerraron las compuertas del Intercoastal Waterway, para impedir la entrada de las aguas intoxicadas en la Bahía de Matagorda y desviarlas hacia el Golfo de México.

Entretanto, los investigadores de Austin dieron la noticia de que se percibía olor relacionado con insecticidas de perdóneos y toxafén. Esto se intensificó cuando una de las cloacas desembocó tumultuosamente. Dicha cloaca había tenido que ver en tiempos pasados con los trastornos ocasionados por los desperdicios industriales, y cuando los funcionarios de la Comisión de Pesca y Caza de Texas siguieron su rastro hasta el lago, notaron olor a benzeno perclórico por todas las aberturas, hasta llegar a una vena de desagüe de una fábrica de productos químicos. Entre los más importantes que salían de dicha industria figuraban el DDT, el benzeno perclórico, el cloro y el toxafén, así como cantidades menores de otros insecticidas. El administrador de la fábrica reconoció que diversas porciones de insecticidas en polvo habían sido vertidas recientemente en la cloaca y, lo que es más significativo, dijo que tales residuos eran comúnmente eliminados del mismo modo desde hacía 10 años.

Profundizando las investigaciones, aquellos funcionarios encontraron otras

industrias desde las cuales eran arrastrados usualmente los insecticidas a dicha cloaca por las lluvias. El hecho que constituyó el último eslabón de la cadena, sin embargo, fue el descubrimiento de que unos cuantos días antes el agua del lago y del río se convirtió en venenosa para los peces de todo el sistema de desagüe, porque habían vertido en ella varios millones de litros a fuerte presión para limpiar los residuos. Este lavado había, indudablemente, removido los insecticidas depositados en el lecho de grava, de arena y de fango y los había trasladado al lago y, desde allí, al río, donde los análisis químicos demostraron más tarde su existencia.

Así, la masa ponzoñosa del fondo del Colorado llevaba la muerte por delante. En 140 millas río abajo desde el lago, la destrucción de los peces había sido completa, porque cuando después se dragó en un esfuerzo extremo por descubrir si algún animal acuático había escapado de la quema, el aparato salió vacío. Fueron recogidas 27 especies muertas, totalizando alrededor de 1.000 libras de peso por milla de río. Había gatas de agua dulce, el principal pescado que interesa a los deportistas. Había, asimismo, gatas azules y de cabeza plana, cuatro clases de ruedas; lisas, brillantes, pageles, lubinas, barbos, mollejas y cabrillas. Entre ellos algunos patriarcas del río, peces que por su tamaño debían tener edad avanzada... Muchas gatas de cabeza plana pesaban alrededor de 25 libras, algunas 60, como informaron haber recogido algunos vecinos de las riberas, y una gata azul gigantesca, registrada oficialmente como de un peso de 84 libras.

La Comisión de Caza y Pesca auguró que, incluso sin más intoxicaciones, la población acuática de aquel río quedaría alterada durante años. Algunas especies —las que existían en los límites de sus distribuciones naturales— podrían restablecerse por sí mismas, pero las otras sólo podrían conseguirlo con ayuda de extensos programas de repoblación del Estado.

Este desastre pesquero ocurrido en Austin es conocido, pero tuvo consecuencias con toda seguridad. El agua intoxicada del río seguía conteniendo su poder destructor más de 200 millas abajo. Se consideró demasiado peligrosa para la Bahía de Matagorda, por sus criaderos de ostras y pesquerías de camarones, y así el total de la riada tóxica fue desviada hacia las aguas libres del Golfo. ¿Cuáles fueron sus efectos allí? ¿Y cuáles los de las corrientes de residuos de otros ríos que arrastran venenos igualmente mortales?

Hasta el momento presente, las respuestas a esos interrogantes son, en su mayor parte, sólo conjeturas, pero va creciendo la preocupación acerca de la obra de contaminación en estuarios, marismas, bahías y otras aguas costeras. No sólo es indudable que reciben la descarga infectada de las corrientes, sino que todas, también usualmente, son pulverizadas directamente en el deseo de

exterminar mosquitos y otros insectos.

Hasta ahora, los efectos de los plaguicidas en la vida de las marismas, estuarios y toda clase de aguas estancadas del mar, han sido gráficamente demostrados en las costas del este de Florida, en la región del río Indian. Allí, en la primavera de 1955, fueron tratados con dieldrín unos 2.000 acres de marismas al sur del condado de Santa Lucía, en una tentativa de eliminar las larvas del pulgón de la arena. La concentración empleada fue de una libra de sustancia activa por acre. El efecto en los habitantes de las aguas fue catastrófico. Científicos del Centro de Investigaciones Entomológicas de la Oficina de Salud del Estado, supervisaron la carnicería realizada después de la pulverización e informaron de que la matanza de peces había sido «sustancialmente completa». El pescado muerto ribeteaba las orillas del mar. Los halcones revoloteaban por encima, atraídos por los indefensos y moribundos peces. No se salvó ninguna especie. Entre los muertos había mújoles, sedales, mojarras y anguilas.

> El mínimo de pérdidas calculadas en todas las marismas, excluído el río Indian y sus riberas, fue de 20 a 30 toneladas de peces muertos, o alrededor de unas 1.175.000 unidades, lo menos de 30 especies distintas (manifestado por R, W. Harrington Jr., y W. L. Bidlingmayer, del grupo de supervisión).
>
> Los moluscos aparecieron descascarillados por el dieldrín. Los crustáceos fueron virtualmente exterminados a lo largo de toda aquella área. El total de la población de cangrejos fue aparentemente destruida y los cámbaros, casi todos aniquilados, sobrevivieron temporalmente sólo en los trozos secos del pantano, perdidos evidentemente entre los terrones.
>
> La caza mayor y los peces comestibles sucumbieron con más rapidez... Los cangrejos se colocaron sobre los moribundos peces y los destruyeron, pero al día siguiente ellos mismos estaban muertos. Los caracoles continuaron devorando caparazones. Y dos semanas más tarde no quedaba ni rastro de los peces muertos.

El mismo cuadro melancólico fue descrito después por el doctor Herbert R. Mills acerca de sus observaciones en la Bahía de Tampa, en la costa opuesta de Florida, donde la Sociedad Nacional Audubon construyó un refugio para las aves marinas en un área que incluye a Whiskey Stump Key. El refugio se convirtió por ironía en bien pobre asilo cuando las autoridades locales de Sanidad

emprendieron una campaña para barrer los mosquitos de los pantanos. De nuevo las principales víctimas fueron peces y cangrejos. Los cámbaros, ese pequeño y gracioso crustáceo, cuyas colonias se trasladan por las planicies fangosas o arenosas como rebaños, no tiene defensa contra las pulverizaciones. Después de sucesivas rociadas, efectuadas durante el verano y el otoño (algunos espacios fueron rociados hasta 16 veces), la situación de los cámbaros se resumía así por el doctor Mills: «Por esa época se había hecho visible una progresiva escasez de crustáceos. Donde debía haber alrededor de 100.000 cámbaros, debido a la marea y a las condiciones meteorológicas del día (12 de octubre) no habría más de 100 que pudieran verse por cualquier punto de la orilla, y todos ellos estaban enfermos o muertos, temblando, renqueantes, vacilando, apenas capaces de reptar; aunque en otras extensiones vecinas, que no habían sido rociadas, los cámbaros estaban rozagantes».

El lugar que ocupa el cámbaro en la ecología del mundo en que habita es importante y casi imposible de llenar. Porque representa una verdadera fuente de alimento para muchos animales. Los mapaches de la costa se los comen y lo mismo los pájaros que habitan los marjales, tales como el campanero, las aves costeras e incluso las migratorias acuáticas. En un marjal de Nueva Jersey pulverizado con DDT, la población corriente de gaviotas disminuyó en un 85 por ciento durante varias semanas, por lo que puede suponerse, a causa de que no encontraron alimento suficiente después de la rociada. Los cámbaros de las marismas son importantes también en otros sentidos, ya que sirven para perforar y airear el cieno del terreno al construir sus madrigueras, y para proveer de cebo a los pescadores.

Ese cámbaro de los marjales no es la única criatura del engranaje marismas-estuarios amenazada por los plaguicidas; otras de mucha mayor importancia para el hombre también lo están. El célebre cangrejo azul de la Bahía de Chesapeake, en otras extensiones de la costa atlántica, es un ejemplo. Esos cangrejos son tan sumamente sensibles a los insecticidas, que cada pulverización de ensenadas, acequias y lagunas del engranaje costero, mata a la mayor parte de los cangrejos que viven en ellos. Y no sólo a los que están asentados allí, sino a otros que llegan del mar y penetran en el área pulverizada. A veces el envenenamiento puede ser indirecto, como en los marjales próximos al río Indian, donde los cangrejos peloteros atacaron a los peces moribundos, pero ellos mismos sucumbieron después al veneno. Sin embargo pertenecen al mismo grupo de artrópodos que el cangrejo azul y tienen, esencialmente, la misma fisiología, por lo que es de suponer que sufran los mismos efectos. Esto podrá aplicarse asimismo al centollo y otros crustáceos que tienen directa importancia económica para la alimentación humana.

Las aguas costeras —bahías, calas, estuarios de ríos, marjales— forman una unidad ecológica de la mayor importancia. Están encadenadas de un modo tan íntimo e indispensable por la vida de muchísimos peces, moluscos y crustáceos, que si no pudieran seguir siendo habitables esas costas, desaparecerían todos de nuestra mesa.

Incluso muchos de los peces que están registrados como pertenecientes a las aguas del litoral, dependen de las protectoras playas para utilizarlas como vivero y lugar de alimentación de sus crías. El pez marinero deja sus crías en ese laberinto de arroyos, ríos y canales que bordean la parte baja de la costa oeste de Florida. En la costa atlántica, la trucha de mar, el pez luna y el tambor, desovan en los arenales de las ensenadas, entre islas o «bancos» que forman una cadena protectora a lo largo de la costa sur de Nueva York. Las crías nacen allí y son llevadas por la corriente por las ensenadas. En las bahías y estuarios —Currituck. Pamlico, Bogue y muchas otras— encuentran comida abundante y crecen más rápidamente. Sin esas extensiones de aguas templadas, protegidas y ricas en alimentos, las poblaciones de tantas otras especies no podrían sobrevivir. Y no obstante, permitimos que los plaguicidas les entren por medio de los ríos y a través de pulverizaciones directas lanzadas sobre las marismas, cuando en los primeros tiempos, esos pescados, incluso más que los adultos, son especialmente susceptibles al envenenamiento.

Los camarones también dependen de los espacios costeros para alimentar a sus crías. Una abundante y amplia diversidad de especies sostienen la totalidad de las pesquerías comerciales de los Estados del sur del Atlántico y del Golfo. Aunque el desove se produce en el mar, los pequeños entran en estuarios y bahías cuando tienen unas cuantas semanas, para sufrir una serie de transformaciones. Allí, desde mayo o junio, permanecen hasta el otoño, alimentándose de los detritus del fondo. En el período completo de su vida en la costa, la buena marcha de esas colonias y de la industria que sostienen depende de las condiciones favorables de los estuarios.

¿Representan los plaguicidas amenaza para las pesquerías de camarones y para el abastecimiento de los mercados? La respuesta puede hallarse en los experimentos de laboratorio efectuados por la Oficina de Pesquerías Comerciales. La tolerancia a los insecticidas del camarón joven, en cuanto sale del estado de larva, se ha descubierto que es sumamente baja... Se mide por milésima de micrón en vez del micrón comúnmente usado. Por ejemplo, la mitad de los camarones sometidos a un experimento, murieron por dieldrín a una concentración de 15 milésimas de micrón tan sólo. Otros productos son más tóxicos. El endrín, uno de los plaguicidas más mortales, mató la mitad de los camarones a una concentración de *media milésima de micrón.*

La amenaza para ostras y almejas es múltiple. También las crías son más vulnerables. Esos moluscos habitan en el fondo de las bahías, estuarios y ríos de gran corriente desde Nueva Inglaterra a Texas y en las extensiones abrigadas de la costa del Pacífico. Aunque sedentarios en estado adulto, desovan en el mar, donde los pequeños viven sueltos durante un período de varias semanas. En un día de verano, una fina red arrastrada por un bote recoge, al mismo tiempo que otras plantas y animales acuáticos que forman el plancton, las larvas infinitamente pequeñas, con fragilidad de vidrio, de ostras y almejas. No mayores que granos de polvo, esas larvas transparentes nadan en todas direcciones por la superficie de las aguas, alimentándose con la vida vegetal microscópica del plancton. Si la cosecha de minúscula vegetación del mar fallara, los jóvenes moluscos morirían de hambre. Y a pesar de ello, los plaguicidas pueden muy bien destruir sustanciales cantidades de plancton. Algunos de los herbicidas de uso común en césped, cosechas, y bordes de los caminos, e incluso en marjales costeros, son extraordinariamente tóxicos para el plancton, que las larvas del molusco usan como alimento. Algunos a pocos microns por gramo tan sólo.

Las propias delicadas larvas mueren con pequeñísimas cantidades de muchos de los insecticidas comunes. Incluso el contacto con cantidades menores de las consideradas mortales, pueden al final causar la muerte de la larva, porque inevitablemente se retrasa la proporción de crecimiento. Esta prolongación del período de larva la obliga a pasar más tiempo en el azaroso ambiente del plancton, con lo que disminuyen las probabilidades de que viva hasta el estado adulto.

Para los moluscos adultos hay, aparentemente, menos peligro de envenenamiento directo, cuando menos por lo que se refiere a ciertos plaguicidas. Sin embargo, no es del todo seguro. Ostras y almejas pueden concentrar esos venenos en sus órganos digestivos y demás tejidos. Ambas clases de moluscos se comen a veces crudos. El doctor Philip Butler de la Oficina de Pesquerías Comerciales, ha apuntado un temible paralelo que nos puede situar a nosotros en el mismo caso que los petirrojos. Los petirrojos, nos recuerda, no murieron como resultado de haber recibido directamente las rociadas de DDT. Sino porque habían comido gusanos y lombrices de tierra que tenían concentraciones de plaguicidas en los tejidos.

Aunque la repentina muerte de millares de peces o crustáceos en algún río o lago como consecuencia directa y visible del control insectil es dramática y alarmante, los efectos no vistos y todavía desconocidos en su mayoría, y por consiguiente imposibles de medir, de los plaguicidas llegando a los estuarios

indirectamente, a través de ríos y torrentes, pueden acabar siendo mucho más desastrosos. La situación en conjunto está salpicada de preguntas para las que hasta ahora no hay respuestas satisfactorias. Sabemos que los plaguicidas contenidos en las corrientes que atraviesan granjas y bosques van conducidos al mar ahora por las aguas de muchos, o quizá de todos los mayores ríos. Pero no conocemos la clase de los productos ni su cantidad total, y, desde luego, no esperamos tener ninguna comprobación que sirva para identificarlos en la proporción de alta disolución que tendrán cuando hayan llegado al mar. Aunque sí sabemos que, casi con seguridad, habrán sufrido cambios durante el largo camino, y ahora no sabemos si el producto alterado es más o menos tóxico que el primitivo. Otro asunto apenas estudiado es el de las combinaciones entre las sustancias, tema que se hace especialmente urgente para cuando penetren en las proximidades del mar, donde tantos minerales están sujetos a mezclas y transportes. Todas esas cuestiones requieren la explicación precisa, explicación que sólo una extensa investigación puede suministrar, ya que las bases asentadas al respecto son lamentablemente pequeñas.

Las pesquerías en aguas marinas o dulces son recursos de suma importancia que envuelven intereses y bienestar para enormes cantidades de personas. Que ahora están seriamente amenazadas por las sustancias químicas que penetran en aquellas aguas no puede seguir dudándose. Si nosotros invirtiéramos en investigaciones útiles, aunque sólo fuera una pequeña parte del dinero que se gasta cada año en la producción de fumigaciones, más y más tóxicas, podríamos hallar la manera de emplear menos materias peligrosas y apartar los venenos de nuestras corrientes de agua. ¿Cuándo se enterará el público de los hechos lo bastante como para reclamar esa actuación?

10. Sin discriminación desde los cielos



Desde un tímido inicio en que se aplicaron sobre granjas y bosques, las pulverizaciones aéreas han ido ampliándose en tal forma que se han convertido en lo que un ecólogo británico llamaba recientemente «pasmosa lluvia de muerte» sobre la superficie de la tierra. Nuestra actitud respecto a los venenos ha experimentado un sutil cambio. Al principio estaban contenidos en envases señalados con una calavera y dos tibias; las pocas veces en que se empleaban eran manipulados con el mayor cuidado para que sólo se pusieran en contacto con el blanco previsto y nada más que con éste. Con el desenvolvimiento de nuevos insecticidas orgánicos y la superabundancia de aviones tras la segunda guerra mundial, todas las precauciones se han dado de lado. Aunque actualmente son más peligrosos que cuantos se conocieron anteriormente, se han convertido en algo que se lanza sin discernimiento desde el aire. No sólo el insecto o la maleza requeridos, sino cualquier cosa —ser humano o no— con la rociada del producto químico puede entrar en siniestro contacto con el veneno. Porque no sólo se pulverizan bosques y plantíos, sino también ciudades.

Ahora, muchísima gente se siente desconcertada por la distribución aérea de productos letales sobre millones de acres de terreno, y las dos campañas masivas realizadas en 1950 han sido lo bastante para acrecentar esas dudas. Fueron las operaciones emprendidas contra la polilla egipcia en los Estados del noroeste y contra la hormiga roja en el Sur. Ninguna de esas dos clases de insectos son indígenas, pero ambos han estado en este país durante muchos años, sin crear situaciones que requiriesen medidas heroicas. Y no obstante, de pronto

se emprendió una acción drástica contra ellos, bajo la consigna de que «el fin justifica los medios», que durante mucho tiempo ha regido en los servicios auxiliares de control de nuestro Departamento de Agricultura.

El programa contra la polilla egipcia demuestra hasta dónde pueden llegar los perjuicios ocasionados sobre un territorio cuando el control local y moderado es sustituido por una acción indiferente y a gran escala. La campaña contra la hormiga roja es el ejemplo de lo que significan operaciones basadas en una enorme exageración de las necesidades de la misma, y disparatadamente emprendidas, sin orientación científica respecto a la dosificación del veneno necesario para destruir el objetivo, ni de sus efectos sobre los demás seres vivientes. Ni siquiera alcanzó, ninguno de los dos programas, a realizar sus propósitos.

La polilla egipcia, originaria de Europa, permanece en Estados Unidos desde hace cosa de un siglo. En 1869, un científico francés, Leopold Trouvelot, dejó escapar accidentalmente unos cuantos de esos insectos de su laboratorio en Medford, Massachusetts, donde estaba tratando de cruzarlos con gusanos de seda. Poco a poco la polilla en cuestión se ha extendido por Nueva Inglaterra. El principal agente de divulgación es el viento; en estado de larva o capullo, es sumamente ligera y puede ser transportada hasta considerables alturas y a grandes distancias. Otro medio de propagación es el traslado de plantas embarcadas que llevan en sí colonias de huevos, el estado en que esas especies subsisten durante el invierno. La polilla egipcia, que en su fase de larva ataca el follaje de las encinas y otros árboles de madera dura durante unas cuantas semanas en primavera, se encuentra ahora en todos los Estados de Nueva Inglaterra. También se presenta esporádicamente en Nueva Jersey, donde fue introducida en 1911 por un cargamento de abetos procedente de Holanda, y en Michigan, donde la forma en que penetró es desconocida. El huracán de Nueva Inglaterra de 1938 las transportó a Pennsylvania y Nueva York, pero los Adirondacks han servido generalmente de barrera a su avance hacia el Sur, y también han sido contenidas por otras especies animales que las atacan.

La tarea de arrinconar a esa polilla en el extremo Nordeste del país se ha realizado por diversos métodos, y hasta un siglo después de su llegada al Continente, no fue justificado el temor de que invadiese los bosques de madera dura del Sur de los Apalaches. Trece parásitos y rapaces fueron importados del extranjero y se establecieron sucesivamente en Nueva Inglaterra. El propio Departamento de Agricultura ha tenido en cuenta esas importaciones que reducen, de modo apreciable, la propagación destructora de la polilla. Ese control natural, unido a medidas de cuarentena y pulverizaciones locales,

consiguieron que el Departamento, en 1955, los calificara de «notable restricción en la propagación y daños consiguientes».

Sin embargo, sólo un año después de haber expresado tal satisfacción con el estado de cosas, la Subdivisión de Control de Plagas Vegetales emprendió un programa para rociar intensivamente varios millones de acres de terreno por año, con la intención, que hizo pública, de «descastar» la polilla egipcia. (Eso significa la total desaparición de especies del mismo género. No obstante, cuando los sucesivos programas fracasaron, el Departamento ha creído necesario hablar de un segundo o tercer «exterminio» de las mismas especies en la misma área).

La guerra total del Departamento contra la polilla empezó a escala ambiciosa. En 1956 un millón de acres, aproximadamente, fueron pulverizados en los Estados de Pennsylvania, Nueva Jersey, Michigan y Nueva York. Mucha gente presentó diversas quejas en los territorios afectados. Los protectores fueron sintiendo progresiva inquietud a medida que el plan iba extendiéndose. Cuando se anunció otro programa de pulverizaciones de áreas más amplias, en 1957, la oposición se hizo más fuerte. Los funcionarios del Estado y Federales relacionados con la agricultura, desecharon las quejas particulares como insignificantes.

El territorio de Long Island, incluido en el plan de pulverización en 1957, consistía principalmente en villas densamente pobladas, en suburbios y en algunas franjas costeras con marjales. El Condado de Nassau, Long Island, es el más habitado de Nueva York, aparte de la propia ciudad de Nueva York. Por lo que parece el colmo del absurdo que se adujera como importante justificación del programa «la amenaza de infestación del área metropolitana de Nueva York». La polilla egipcia es un insecto de la selva y de ningún modo un habitante de las ciudades. Y tampoco vive en prados, tierras cultivadas, jardines ni pantanos. No obstante, los aviones contratados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y el Departamento de Agricultura y Mercados de Nueva York, en 1957, lanzaron el aceite impregnado de DDT sin ningún distingo. Rociaron huertos y granjas, lagos llenos de peces y marjales. Pulverizaron asimismo los cuatro acres de los suburbios, empaparon a una ama de casa que estaba haciendo un esfuerzo desesperado por tapar su jardín antes de que el rugiente avión lo alcanzara, y cubrieron de insecticida a los niños que estaban jugando y a los hombres que trabajaban en la estación del ferrocarril. En Setauket, un hermoso caballo bebió en un pilón del campo que había sido rociado; diez horas después había muerto. Los automóviles fueron cubiertos con el mismo aceite; flores y arbustos quedaron destruidos. Pájaros, peces y cangrejos, así como insectos útiles, sufrieron la misma suerte.

Un grupo de ciudadanos de Long Island, encabezados por el mundialmente famoso ornitólogo Robert Cushman Murphy habían presentado a los Tribunales una solicitud de interdicto para impedir la pulverización de 1957. Habiéndoles sido denegado el interdicto preliminar, aquellos ciudadanos hubieron de aguantar la rociada con DDT prescrita, pero continuaron en sus esfuerzos por obtener un interdicto permanente. Pero como el acto ya había sido realizado, el Tribunal sostuvo que dicha petición era «discutible». El caso fue llevado por su vía legal hasta el Tribunal Supremo, que rehusó atenderlo. El fiscal William O. Douglas, disintiendo de la decisión de no revisarlo, sostuvo que «la alarma que muchos funcionarios y expertos y responsables habían levantado acerca de los peligros del DDT, subrayaba la importancia pública de aquel caso».

El pleito promovido por los vecinos de Long Island, sirvió por lo menos para enfocar la atención pública sobre la creciente amenaza de las aplicaciones masivas de insecticidas y sobre el poder y la tendencia de las oficinas de control a desdeñar el aparentemente inviolado derecho de propiedad de los ciudadanos particulares.

La contaminación de la leche y demás productos de granja en el curso de aquella rociada, cayó como una sorpresa desagradable sobre muchos ciudadanos. Lo ocurrido en la granja Waller de 200 acres de extensión al Norte del Condado de Westchester, Nueva York, es revelador. La señora Waller había pedido concretamente a los funcionarios de Agricultura que no se pulverizase su propiedad, porque sería imposible evitar los pastos al rociar el bosque. Se comprometió a vigilar el terreno para que no lo invadiese la polilla y a destruir cualquier tipo de infestación por medio de rociadas locales. Aunque le aseguraron que no se pulverizaría ninguna granja, su propiedad recibió dos rociadas directas y, por añadidura, fue sometida dos veces a otras traídas por el viento. Las muestras de leche de las vacas, ejemplares puros Guernesey, contenían, 48 horas después, DDT en cantidad de 14 micrones por gramo. Las muestras de pastos de los campos donde las vacas habían estado rumiando, estaban, desde luego, contaminadas también. Aunque el Departamento de Sanidad del Condado fue notificado, no se dieron instrucciones para que la leche no fuera enviada al mercado. Esta situación es, desgraciadamente, característica de que la falta de protección al consumidor es muy corriente. Si bien la Administración de Alimentos y Drogas no permite que la leche tenga residuos de plaguicidas, sus restricciones no sólo están inadecuadamente vigiladas, sino que se aplican tan sólo a los envíos entre Estados. Los funcionarios del Estado y los del Condado no están obligados a admitir la tolerancia federal sobre plaguicidas, a menos que las leyes se adapten a la misma... y eso sucede pocas veces.

Los hortelanos también sufrieron pérdidas. Algunas plantas tenían las hojas

tan manchadas y requemadas que eran invendibles. Otras conservaban fuertes residuos. Una muestra de guisantes analizada en la Estación de Agricultura Experimental de la Universidad de Cornell, contenía de 14 a 20 micrones por gramo de DDT. El máximo legal son 7 micrones. Los agricultores, por consiguiente, tuvieron que soportar grandes pérdidas o verse en la necesidad de vender productos cargados de residuos ilegales. Algunos habían sembrado verduras y recogido daños.

A medida que aumentaban las pulverizaciones aéreas de DDT, crecían las querellas presentadas ante los Tribunales. Entre ellas estaban las presentadas por colmeneros de diversos territorios del Estado de Nueva York. Incluso antes de la pulverización de 1957, los colmeneros habían sufrido duramente con las pulverizaciones de DDT en los huertos. «Hasta 1953 yo había considerado el Evangelio todo lo que procedía del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y de los colegios agrícolas», dijo uno de ellos con amargura. Pero en mayo de aquel año el hombre perdió 800 colonias después de que el Estado pulverizase una amplia zona. Tan extensa y dura fue la pérdida, que otros 14 colmeneros se unieron a él para pedir al Estado un cuarto de millón de dólares como daños. Otro cuyas 400 colonias fueron blanco incidental de la rociada de 1957, informó que el 100 por ciento de las abejas (las trabajadoras que estaban recogiendo néctar y polen para las colmenas) habían muerto en las áreas de los bosques y un 50 por ciento en las granjas, donde se había pulverizado menos intensamente. «Es una cosa verdaderamente angustiosa eso de pasear por un jardín en mayo y no oír un zumbido de abeja», escribía.

Los programas contra la polilla egipcia se distinguieron por varios actos de irresponsabilidad. Como los aviones eran pagados por cantidad de líquido lanzado más que por acre de terreno, no se hizo ningún esfuerzo por no dañar, y muchas propiedades se regaron, no una sino varias veces. Los contratos para pulverizaciones aéreas fueron, por lo menos en un caso concreto, concertados con una firma de fuera del Estado, sin dirección, lo que significaba no haber cumplido con el requisito legal de registrarla ante funcionarios del Gobierno a fin de asegurar responsabilidad legal. En situación tan falsa, los ciudadanos que sufrieron pérdidas económicas directas por rociadas sobre huertos o panales, descubrieron que no podían presentar querella contra nadie.

Después del desastroso riego de 1957, el programa fue recortado de pronto, con vagas explicaciones respecto a «evaluar» previamente la tarea y probar insecticidas alternativamente. En vez de los 3 ½ millones de acres rociados en 1957, en 1958 fueron ½ millón y en 1959, 1960 y 1961, 100.000 acres. Durante este espacio las oficinas de vigilancia recibieron noticias de Long Island bastante inquietantes. La polilla egipcia había reaparecido. La dispendiosa operación que

le había salido tan cara al Departamento, tanto en confianza pública como en buenos deseos —habían tratado de barrer para siempre la polilla egipcia—, en realidad no había servido de nada.

Entre tanto, los empleados del Departamento de Control de Plagas Agrícolas, habían olvidado temporalmente la polilla egipcia, porque estaban embarcados en otro plan aún más ambicioso para el sur. La palabra «descastar» aún salía fácilmente de las multicopistas del Departamento. Esta vez los sueltos de la prensa prometían el «descaste» de la hormiga roja o «encendida».

La hormiga encendida, llamada así por sus ardientes picotazos, parece haber entrado en Estados Unidos desde Sud América, por el puerto de Mobile, Alabama, donde fue descubierta a poco de terminar la Primera Guerra Mundial. Hacia 1928 se había extendido por los suburbios de Mobile y desde entonces prosiguió la invasión que ya ha llegado hasta la mayoría de los Estados del Sur.

Durante la mayor parte de los cuarenta años desde su llegada a Estados Unidos, dicho insecto parece haber atraído poca atención. Los territorios donde era más abundante, la consideraban una molestia, más que nada porque construye nidos de un palmo o más de altos, que podían estorbar el trabajo de maquinaria de las granjas. Pero sólo dos Estados la incluyeron en la lista de los 20 insectos que constituían sus plagas y, con todo, la colocaron casi al final. Ninguna preocupación pública o privada parece haber sido provocada por la hormiga «encendida» como amenaza contra cosechas o ganado.

Con el desarrollo de los productos de amplio poder letal, se produjo un cambio repentino en la actitud oficial hacia ese insecto. En 1957, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos emprendió una de las campañas publicitarias más notables de su historia. La hormiga encendida se convirtió de buenas a primeras en el blanco de un cúmulo de notas del Gobierno, noticiarios y documentales cinematográficos y relatos de inspiración oficial en los que se la describía como un azote para la agricultura sureña y un asesino de pájaros, ganados y hombres. Se anunció una poderosa campaña en la que el Gobierno Federal en cooperación con los Estados interesados, pulverizaría unos 20.000.000 de acres en nueve Estados del Sur.

«Los fabricantes de plaguicidas parecen haber encontrado el gran negocio con los programas de eliminación de plagas dirigidos por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos», informaba alegremente un periódico financiero en 1958, mientras iba marchando el programa contra la hormiga encendida.

No ha habido programa plaguicida que haya sido tan completa y merecidamente condenado por todo el mundo, exceptuando a los beneficiarios de aquel «gran negocio». Este es un destacado ejemplo de lo que es un

experimento mal concebido, detestablemente ejecutado y funesto en todos sentidos, entre la masa de planes para el control de insectos. Un experimento tan caro en dólares, en destrucción de la vida animal y en pérdida de la confianza pública por el Departamento de Agricultura, que es incomprensible que nadie continúe siendo partidario de ellos.

El apoyo para el proyecto fue ganado inicialmente en el Congreso por representaciones que más tarde quedaron desacreditadas. La hormiga roja fue descrita como seria amenaza contra la agricultura del Sur, de la que podía destruir cosechas y vida silvestre a causa de los ataques contra las crías de los pájaros que anidan en el suelo. Además se dijo que su picadura era una seria amenaza para la salud humana.

Pero ¿qué repercusiones tuvieron esos clamores? Las declaraciones hechas por los testigos interesados no estaban de acuerdo con las contenidas en las publicaciones básicas del Departamento de Agricultura. En 1957, el boletín «*Consejos insecticidas... para el control de insectos que atacan cosechas y ganados*», no hizo mucho más que una mención a la hormiga encendida... extraordinaria omisión si el Departamento cree en su propia propaganda. Además, su enciclopédico «Libro del año» para 1952, que estaba dedicado a insectos, sólo contenía un corto párrafo sobre la famosa hormiga entre su medio millón de palabras.

Contra el indocumentado clamor del Departamento de que la hormiga roja destruye cosechas y ataca ganados, está el cuidadoso estudio de la Estación de Experimentos Agrícolas, en el Estado que ha tenido la más directa experiencia con insectos: Alabama. Según los científicos de Alabama «los daños en las plantas son raros en general». El Dr. F. S. Arant, entomólogo del Instituto Politécnico de Alabama y en 1961 presidente de la Sociedad Entomológica de América, afirma que su Departamento «no ha recibido un solo informe de destrucción causada en las plantas por Jas hormigas en los últimos cinco años... Tampoco se han observado daños en el ganado». Esos hombres que han observado, efectivamente, las hormigas en campos y laboratorios, dicen que las hormigas encendidas se alimentan principalmente de gran variedad de otros insectos, muchos de los cuales se consideran nocivos para los intereses del hombre. Se han observado hormigas encendidas cargando con larvas del gorgojo capsulado del algodón. Sus costumbres de edificar por medio de montones de tierra, representan gran utilidad al airear y secar el mantillo. Los estudios de Alabama han sido apoyados por investigaciones en la Universidad del Estado de Mississippi, y son muchísimo más valiosos que las demostraciones del Departamento de Agricultura, basadas aparentemente en conversaciones con agricultores que pueden confundir fácilmente una hormiga con otra, o en

antiguas investigaciones. Algunos entomólogos creen que las costumbres alimenticias de esa hormiga han cambiado a medida que se ha hecho más abundante, por consiguiente, las observaciones realizadas hace unas décadas tienen poco valor.

La idea de que la hormiga es una amenaza para la salud y la vida humana, también necesita considerable modificación. El Departamento de Agricultura organizó una propaganda cinematográfica (para ganar apoyo para su programa) en la que se montaron escenas horrorosas acerca del picotazo de la hormiga. Se admite que resulta sensible y se debe procurar evitar que le pique a uno, ni más ni menos que se evita el aguijonazo de la avispa o de la abeja. En individuos sensibles pueden producirse graves reacciones ocasionalmente, y la literatura médica registra una muerte, acaso atribuida al veneno de la hormiga, aunque no lo afirma categóricamente. En contraste con esto, la Oficina de Estadística tiene anotadas 353 muertes, sólo en 1959, por picadura de abejas y avispas. Y sin embargo, no parece que nadie se haya propuesto «descastar» esos insectos. De nuevo, la evidencia es más convincente. Aunque la hormiga roja ha habitado Alabama durante cuarenta años y esté mucho más concentrada allí, el funcionario de Sanidad del Estado de Alabama declaró que «nunca se había registrado en la región ningún fallecimiento por picadura de hormiga encendida» y consideraba que los casos médicos de tales picaduras eran «incidentales». Los nidos de hormigas en prados o terrenos de juegos pueden hacer probable que los niños sean picados por el aguijón de esos insectos, pero tal cosa resulta difícilmente una excusa para regar millones de acres con venenos. Ese caso puede resolverse fácilmente mediante tratamientos aislados de los nidos.

También se alegaron daños a los pájaros sin sólida evidencia.

Un hombre calificado para hablar al respecto es ciertamente el jefe de la Unión de Investigaciones sobre la Vida Silvestre de Auburn, Alabama, el Dr. Maurice F. Baker, que tiene varios años de experiencia en la región. Pero la opinión del Dr. Baker es completamente opuesta a la proclamada por el Departamento de Agricultura. Declaraba aquél: «En el Sur de Alabama y el Noroeste de Florida podemos tener excelente caza y población alada en coexistencia con la hormiga encendida de importación... en los 40 años por lo menos, que el Sur de Alabama ha tenido hormigas rojas, las colonias volátiles cazaderas han experimentado rápido y sustancial aumento. Si la hormiga encendida fuera una seria amenaza para la vida silvestre, ciertamente que esas condiciones no podrían existir».

Lo que le sucedió a la vida silvestre como consecuencia de los insecticidas empleados contra las hormigas fue otro cantar. Los productos químicos que iban a echarse eran dieldrín y perdóneos, ambos relativamente nuevos. Había poca

experiencia de su campo de acción y nadie sabía qué efectos causarían sobre pájaros silvestres, peces ni mamíferos cuando se aplicaran a escala masiva. No obstante se sabía que los dos venenos eran varias veces más tóxicos que el DDT, que había venido usándose durante una década aproximadamente y había matado algunos pájaros y bastantes peces, incluso en la proporción de 1 libra por acre. Y la dosificación del dieldrín y los perclóricos sería más fuerte: 2 libras por acre en la mayoría de los casos y 3 libras de dieldrín si se luchaba también contra el gorgojo rayado de blanco. En lo referente a las aves, el uso prescrito de perclóricos equivaldría a 20 libras de DDT por acre y el de dieldrín ¡a 120 libras!

Se presentaron urgentes protestas por la mayoría de los Departamentos de Protección, por las oficinas de Defensa nacional, por ecólogos y hasta por algunos entomólogos, pidiendo al entonces Secretario de Agricultura, Ezra Benson, que aplazara la aplicación del programa por lo menos hasta que se hubiera hecho alguna investigación respecto a los efectos del dieldrín y los perclóricos en los animales salvajes y domésticos y se fijase la cantidad mínima que exterminaría las hormigas. Las protestas se ignoraron y el programa se puso en marcha en 1958. El primer año se trataron un millón de acres. Estaba claro que no se iba a hacer investigación alguna en la naturaleza a título de post mortem.

Como el programa continuaba, empezaron a acumularse pruebas procedentes de estudios efectuados por biólogos de oficinas Federales y del Estado y diversas Universidades. Las investigaciones revelaban que las pérdidas recorrían todo el territorio, con la destrucción de la vida silvestre en algunas de las áreas pulverizadas. Aves de corral, ganado y bestezuelas domésticas habían muerto asimismo. El Departamento de Agricultura rechazó toda evidencia de los daños reputándolos de exagerados y mal orientados.

Los hechos, sin embargo, continuaron acumulándose. En el Condado de Hardin, Texas, por ejemplo, zarigüeyas, armadillos y una abundante población de mapaches, desaparecieron virtualmente después del lanzamiento del producto químico. Incluso al segundo otoño dichos animales escaseaban. Los pocos mapaches que se encontraron entonces en aquel territorio, tenían en los tejidos residuos de plaguicida.

Las aves muertas que se hallaron en los espacios sometidos a tratamiento habían absorbido o tragado los venenos, hecho claramente demostrado por los análisis químicos de los tejidos. (El único pájaro que sobrevivió a todos los demás fue el gorrión doméstico, que en otros territorios también había dado muestras de ser relativamente inmune). En una región de Alabama, tratada en 1959, la mitad de los pájaros murieron. Las especies que habitaban la tierra o frecuentaban la vegetación baja sufrieron el 100 por ciento de mortalidad.

Incluso un año después del tratamiento, se produjo una mortandad de ruiseñores y gran extensión de terreno adecuado para anidar, permaneció silencioso y vacío. En Texas se encontraron en los nidos mirlos, alondras y pinzones muertos y algunos nidos fueron abandonados. Cuando se enviaron al Servicio de Pesca y Vida Silvestre algunos ejemplares de aves muertas desde Texas, Louisiana, Alabama, Georgia y Florida, se halló que más del 90 por ciento tenían residuos de dieldrín o una forma de perclóricos, en cantidades superiores a 38 micrones por millón.

Gallos silvestres que inviernan en Louisiana, pero nacen en el Norte, llevan ahora en el cuerpo la lacra del fuego y los venenos. El origen de esa contaminación es claro: los gallos silvestres se alimentan principalmente de lombrices de tierra que cogen con sus largos picos. Lombrices supervivientes de Louisiana se han encontrado conteniendo nada menos que 20 micrones de perclóricos en los tejidos, de 6 a 10 meses después de la pulverización del terreno. Un año después tenían más de 10 micrones de gramo. Las consecuencias del envenenamiento larvado de las aves se están viendo ahora en un marcado descenso entre la proporción de gallos jóvenes y adultos, el primero observado en la estación después de que empezaron el fuego y las pulverizaciones.

Algunas de las noticias más consternadoras para los deportistas del Sur se refieren a la codorniz de pechuga blanca. Este pájaro, que anida y pasta en la tierra, fue totalmente eliminado en los terrenos tratados. En Alabama, por ejemplo, biólogos de la Cooperativa de Investigaciones Unidas sobre la Vida Silvestre, organizaron un censo preliminar de la población de esas aves en una extensión de terreno de 3.600 acres que estaba inscrita para ser pulverizada. Trece nidadas establecidas allí —121 codornices— se escalonaban en el área. Dos semanas después del tratamiento con insecticida sólo pudieron hallarse codornices muertas. Todos los ejemplares enviados para su análisis al Servicio de Pesca y Vida Silvestre contenían insecticidas en cantidad suficiente para matarlas. Los hallazgos de Alabama se duplicaron en Texas, donde una extensión de 2.500 acres regados con perclóricos, perdió todas sus codornices. Al mismo tiempo que las codornices desaparecieron el 90 por ciento de ruiseñores y de nuevo los análisis revelaron la presencia de perclóricos en los tejidos de las aves muertas.

Además de las codornices y los ruiseñores, los pavos silvestres quedaron seriamente exterminados por el programa contra la hormiga roja. Aunque se habían contado 80 pavos en un terreno del Condado de Wilcox. Alabama, antes de que se aplicaran los perclóricos, no pudo hallarse ni uno en el verano que siguió a la rociada... ninguno, es decir, excepto una nidada de huevos hueros y un polluelo muerto. Los pavos silvestres debieron tener el mismo destino que sus

hermanos los domésticos, porque los pavos de las granjas que se encontraban dentro del área pulverizada con productos químicos también produjeron pocas crías. Pocos huevos fértiles y casi ningún pollo sobrevivió. Cosa que no ocurrió en las extensiones próximas que no fueron rociadas.

La suerte de los pavos no fue, en modo alguno, única. Uno de los biólogos especializado en vida silvestre, más ampliamente conocido y respetado en la región, el Dr. Clarence Cottam, visitó a algunos de los propietarios cuyos terrenos habían sido pulverizados. Además de hacer hincapié en que «todos los pájaros pequeños de los árboles» parecían haber desaparecido después del tratamiento químico, la mayoría de aquella gente informó de pérdidas de ganado, aves de corral y animales domésticos. Un hombre estaba «iracundo contra los que trabajaban en el control insectil», informó el Dr. Cottam, «según dijo, enterró o quemó 19 esqueletos de vacas suyas que habían sido muertas por el veneno y habló de otras tres o cuatro que murieron de resultas del mismo. Vacas que habían estado dándole leche casi desde que nacieron».

La gente a quien interrogó el Dr. Cottam estaba confundida por lo que iba sucediendo durante los meses que siguieron a las pulverizaciones de su tierra. Una mujer le explicó que tenía muchas gallinas cluecas después de que el terreno de alrededor fue cubierto de veneno «y por razones que no comprendía nacieron o sobrevivieron poquísimos pollos». Otro granjero «cría cerdos y durante los nueve meses completos que siguieron al alud de venenos, no ha podido sacar una sola cría. Los lechones o nacían muertos o morían al nacer». Una información similar provino de otro que explicó que de 37 partos que podían haber significado nada menos que 250 lechones, sólo sobrevivieron 31 crías. Aquel hombre tampoco había podido obtener pollos en absoluto, desde que la tierra fue envenenada.

El Departamento de Agricultura ha negado insistentemente las pérdidas de ganado relacionadas con el programa contra la hormiga roja. No obstante, un veterinario de Georgia, el Dr. Otis L. Poitevint, que fue llamado para tratar a muchos de los animales afectados, ha resumido las razones que tiene para atribuir las muertes al insecticida, diciendo: en un período de dos semanas a varios meses después de que fue aplicado el veneno, el ganado ovino, las cabras, los caballos, los pollos y los pájaros, así como los animales silvestres, empezaron a sufrir una enfermedad, con frecuencia fatal, del sistema nervioso. Esto afectaba sólo a las bestias que tenían acceso a pienso o a agua contaminados. Las de los establos no estaban afectadas. Esta situación sólo se produjo en terrenos tratados contra la hormiga roja. Las pruebas de los laboratorios fueron negativas. Los síntomas observados por el Dr. Poitevint y otros veterinarios eran los descritos en textos autorizados como indicando

envenenamiento por dieldrín o perdóneos.

El Dr. Poitevint describió asimismo un caso interesante de un novillo de dos meses que presentaba síntomas de envenenamiento por perclóricos. El animal fue sometido a pruebas de laboratorio exhaustivas. El único hallazgo significativo fue el de 79 micrones de gramo de perclóricos en el hígado. Sin embargo, hacía cinco meses de la aplicación del veneno. ¿Lo ingirió el animal directamente al rumiar o indirectamente, a través de la leche de la madre, o incluso antes de nacer? «Si fue con la leche, preguntaba el Dr. Poitevint, ¿cómo no se tomaron precauciones especiales para proteger a nuestros niños, que toman leche de las vaquerías locales?»

El informe del Dr. Poitevint plantea un problema muy significativo acerca de la contaminación de la leche. Los terrenos incluidos en el plan de exterminio de la hormiga roja son más que nada, campos y pastos. ¿Qué hay del ganado de leche que pasta en esas tierras? En los prados rociados, las hierbas contienen inevitablemente residuos de perclóricos en una de sus formas, y si esos residuos son ingeridos por las vacas, el veneno aparecerá sin duda en la leche. Esta transmisión directa a la leche había sido demostrada experimentalmente por lo que se refiere al cloro en 1955, mucho antes de que el programa de control fuera emprendido, y después lo fue con el dieldrín, usado asimismo en el plan de exterminio de la hormiga roja.

Las publicaciones anuales del Departamento de Agricultura, incluyen ahora los perclóricos y el dieldrín entre los productos químicos que hacen inadecuadas las plantas y el forraje para alimentar a los animales de leche o a los que han de ser sacrificados en el matadero aunque las Subdivisiones de control del mismo Departamento promueven planes de riego con dieldrín y perclóricos sobre extensiones de pastizales en el Sur. ¿Quién protege al consumidor vigilando que no aparezcan residuos de ninguno de esos venenos en la leche? El Departamento de Agricultura de Estados Unidos respondería sin duda que ya están advertidos los granjeros de que mantengan a las vacas alejadas de los pastos rociados durante 30 ó 90 días. Dado lo pequeño de la extensión de muchas granjas y la enorme escala del programa —gran cantidad de producto aplicado desde avión — es sumamente dudoso que esa recomendación pueda ser obedecida. Ni tampoco es adecuado el período prescrito dada la persistencia de los residuos.

La Administración de Alimentos y Drogas, aunque enojada por la presencia de plaguicidas en la leche, tiene poca autoridad para arreglar la situación. En la mayoría de los Estados incluidos en el programa de exterminio de la hormiga roja, la industria lechera es pequeña y los productos no atraviesan las líneas de separación de los Estados. La protección del abastecimiento se deja, pues, a los propios Estados. Las preguntas dirigidas a los funcionarios de Sanidad y a otros

empleados de Alabama, Louisiana y Texas en 1959 han revelado que no se hicieron pruebas y que, sencillamente, no se sabía si la leche estaba contaminada con plaguicidas o no.

De todos modos, más bien antes que después de que se aplicara el programa insecticida, se habían hecho algunas investigaciones respecto a las propiedades de los perclóricos. Quizá fuera más exacto decir que alguien buscó las investigaciones ya publicadas, puesto que el hecho básico que llevó a retrasar la acción por el Gobierno Federal, había sido descubierto varios años antes, y debió influir en la puesta a punto inicial del programa en cuestión. Este era el hecho de que los perclóricos, después de una corta etapa en los tejidos de animales o plantas, o en el mantillo, adoptan una forma considerablemente más tóxica conocida como anhídrido perclórico. El anhídrido se describe corrientemente como «producto de oxidación» a consecuencia de la intemperie. El hecho de que este fenómeno pudiera ocurrir se sabía desde 1952, cuando la Administración de Alimentos y Drogas descubrió que las ratas hembras que comían 30 micrones de perclóricos, habían almacenado 165 micrones del anhídrido más tóxico tan sólo dos semanas después.

Estos hechos pudieron salir a la luz desde la oscuridad de la literatura biológica, en 1959, cuando la Administración de Alimentos y Drogas entró en acción, con el resultado de que se proscribiera cualquier residuo de perclóricos o sus anhídridos en los alimentos. Esta disposición puso una barrera, siquiera temporalmente, al programa; aunque el Departamento de Agricultura continuó presionando para obtener el control de la hormiga roja, los agentes agrícolas locales se hicieron cada vez más reacios a aconsejar a los agricultores el empleo de productos químicos que harían que sus cosechas se convirtieran en invendibles.

En pocas palabras: el Departamento de Agricultura se lanzó a poner en marcha el programa sin investigaciones siquiera elementales de lo que ya se conoce respecto a la sustancia química usada... o si las investigaciones se realizaron, desdeñó los descubrimientos. Tampoco hizo averiguaciones preliminares respecto a la mínima cantidad de producto que podría cumplir sus propósitos. Después de tres años de fuertes dosis, redujo de pronto, en 1959, la proporción que había de aplicarse de perclóricos, de 2 libras a 1 ¼ por acre. Después a ½ libra por acre, aplicada en dos veces, a ¼ cada vez, con una distancia de 3 a 6 meses entre cada aplicación. Un funcionario del Departamento explicó que, «perfeccionados los métodos iniciales del programa», se había demostrado la proporción más baja necesaria para ser efectiva. Si esa información se hubiera recogido antes de iniciar el plan, podrían haberse evitado una enorme cantidad de perjuicios y los que pagaron los impuestos se habrían

ahorrado mucho dinero.

En 1959, quizá en un intento de borrar la creciente insatisfacción que producía el programa, el Departamento de Agricultura ofreció gratis los productos químicos a los propietarios de terrenos de Texas, que firmaron un documento salvando al Gobierno Federal, al Estado y a los Gobiernos locales de toda responsabilidad por los daños. En el mismo año, el Estado de Alabama, alarmado e irritado por los destrozos causados por los productos químicos, se negó a proporcionar más fondos para el proyecto. Uno de los empleados calificó la totalidad de dicho programa como «mal aconsejado, precipitadamente concebido, pobremente planeado y evidente intento de cargar brutalmente las responsabilidades sobre otras oficinas privadas y públicas». A pesar de la falta de fondos del Estado, el dinero federal continuó escurriendo en Alabama, y en 1961 la legislación volvió a ser persuadida de que hiciera una pequeña asignación. Entre tanto, los agricultores de Louisiana mostraban creciente resistencia a poner su firma en pro del proyecto, pues era evidente que el empleo de productos químicos contra la hormiga encendida estaba causando el resurgimiento de insectos destructores de la caña de azúcar. Por consiguiente, el programa no estaba cumpliendo nada, como era obvio. Esta lúgubre situación fue resumida perfectamente en la primavera de 1962 por el director de investigaciones entomológicas de la Estación de Experimentos Agrícolas de la Universidad del Estado de Louisiana, el Dr. L. D. Newsom: «El programa de «descaste» de la hormiga encendida de importación, que ha sido dirigido por las oficinas Federales y del Estado, es, hasta ahora, un fracaso. Hay ahora más terreno infestado en Louisiana que cuando se inició».

Parece haber empezado un movimiento en pro de métodos más sanos y protectores... De Florida informan que «hay ahora más hormigas rojas que al dar comienzo el programa», y anuncian que están abandonando toda idea de amplio exterminio y en su lugar realizarán un control local.

Métodos eficaces y económicos de esa clase de control local se conocen desde hace años. La costumbre de la hormiga encendida de edificar sus nidos haciendo montículos, hace del tratamiento químico individual una cosa muy sencilla. El costo de semejante método es de un dólar por acre, poco más o menos. Para casos en que los nidos sean numerosos y los métodos mecanizados se hagan aconsejables, se ha fabricado por la Estación de Experimentos Agrícolas de Mississippi una máquina cultivadora que primero nivela los montículos y después aplica directamente el producto químico en cada uno. Este método da el 90 o 95 por ciento de control sobre las hormigas y sólo cuesta 23 centavos por acre. El programa de control masivo del Departamento de Agricultura, por otra parte, cuesta alrededor de 3.50 dólares por acre. El más

caro, el más perjudicial y el menos eficaz de todos los programas.

11. Más allá de los sueños de los Borgia



La contaminación de nuestro mundo no es sólo asunto de pulverizaciones masivas. En realidad, para la mayoría de nosotros esto es de menor importancia que los innumerables contactos a pequeña escala a que estamos sujetos día tras día, año tras año. Como el constante gotear del agua que acaba horadando la piedra, ese contacto desde el nacimiento a la muerte con peligrosos productos químicos, puede sernos al final, desastroso. Cada uno de esos roces continuos, por ligeros que sean, contribuyen al progresivo crecimiento de sustancias químicas en nuestro cuerpo y al envenenamiento por acumulación. Probablemente ninguna persona es inmune a la proximidad con esa tentacular

contaminación, a menos que viva en el mayor aislamiento imaginable. Arrullado por el amable vendedor y la oculta elocuencia, el ciudadano se entera muy rara vez de que está rodeado de productos mortales; la verdad es que ni siquiera se da cuenta de que los está usando.

Así, la era de los venenos ha quedado establecida como la de la época en que cualquiera puede meterse en un establecimiento y sin que se le pregunte nada, comprar sustancias de mucha mayor potencia mortal que cualquier droga farmacológica, para cuya adquisición necesitará que un médico le firme una receta especial. Unos cuantos minutos de búsqueda en cualquier supermercado son suficientes para alarmar al más flemático de los compradores... siempre que tenga conocimientos rudimentarios de los productos que se presentan a su elección.

Si se colgaran una gran calavera y dos tibias sobre el departamento de insecticidas, el comprador podría cuanto menos penetrar en él con la circunspección que imponen normalmente los productos venenosos. Pero en vez de esto, el aspecto es hogareño y descuidado, con los entremeses y las aceitunas en el mostrador de enfrente y los jabones de baño y de lavar al lado, las hileras de insecticidas se exhiben unas encima de otras. Al alcance de cualquier mano infantil están los productos químicos en envases *de cristal*. Si cayeran al suelo por el empujón de un niño o de un adulto descuidado, cualquiera podría llenarse del mismo producto que ha dado convulsiones a los hombres que lo emplearon con pulverizador. Esos peligros siguen naturalmente hasta su casa al que haya comprado la sustancia. Una lata de pulverizaciones que contenga DDT, por ejemplo, lleva una etiqueta muy bonita advirtiendo que su contenido está a presión y puede estallar si se expone al calor o a la llama. Un insecticida corriente para uso doméstico, incluyendo las aplicaciones en la cocina, está compuesto de perclóricos. Y no obstante, el director de farmacología de la Administración de Alimentos y Drogas ha advertido de que el peligro de vivir en una casa rociada con perclórico es «muy grande». Otros preparados, asimismo con destino al hogar, contienen dieldrín, aún más tóxico.

El uso de venenos en la cocina se ha hecho tan atractivo como fácil. El papel de la alacena, blanco o impreso con colores a gusto de uno, puede ser impregnado con insecticida, no sólo por un lado, sino por los dos. Los fabricantes nos ofrecen folletos explicando cómo se matan los chinches. Apretando cómodamente un botón, puede uno enviar un chorro de dieldrín a los más inaccesibles rincones y rendijas de lavabos y estantes.

Si nos incomodan los mosquitos, las pulgas u otros insectos, tenemos innumerables lociones, cremas y pulverizaciones, a escoger, para aplicarlos en la ropa o en la piel. Aunque estamos advertidos de que algunos disuelven el barniz,

la pintura y los tejidos sintéticos, podemos suponer que la piel humana es inatacable a los productos químicos. Para asegurarnos de que en cualquier momento podemos estar preparados para espantar insectos, una tienda especializada de Nueva York aconseja el uso de un sobrecito tamaño bolsillo, adecuado para la playa, el golf o la pesca con caña.

Podemos sacar brillo a nuestros suelos con una cera garantizada de que matará cualquier insecto que ande por encima. Podemos colgar cuerdas impregnadas con lindane en nuestros armarios y maletas de vestidos o colocarlas en los cajones de nuestra mesa de despacho, con la seguridad de que en medio año estaremos libres de los daños de la polilla. Las instrucciones no advierten que el lindane es peligroso. Ni tampoco lo advierten los consejeros para el uso de un ingenio electrónico que lanza humo de lindane... se nos dice que no es dañino ni huele a nada. Sin embargo, la verdad del asunto es que la Asociación Americana de Médicos considera tan peligrosos los vapores de lindane, que está dirigiendo una extensa campaña contra ellos en su «Periódico».

El Departamento de Agricultura, en un «Boletín para el Hogar y el Jardín», nos aconseja que pulvericemos nuestros vestidos con soluciones oleosas de DDT, dieldrín, perclóricos, o cualquiera de los exterminadores de la polilla. Si queda demasiada cantidad de polvos blancos en el tejido, pueden quitarse cepillándolo, dice ese Departamento, omitiendo la advertencia de que tengamos cuidado respecto a dónde y cómo se cepilla. Si atendemos todos esos consejos, podemos estar todo el día rodeados de insecticidas e irnos a dormir bajo una manta impregnada de dieldrín contra la polilla.

La jardinería está ahora íntimamente relacionada con los supervenenos. Cada tienda de semillas, cada almacén de utillaje, y cada supermercado, tiene hileras de *insecticidas* para cualquier caso imaginable que se pueda presentar al horticultor. Los que no hacen amplio uso de ese alud de pulverizaciones letales se sobreentiende que son descuidados, pues en todas las páginas de jardinería de los periódicos y en la mayoría de las revistas de la misma especialidad, dan su uso por imprescindible.

Se han extendido tanto incluso los venenos instantáneos de insecticidas de fosfatos orgánicos, aplicados a prados y plantas ornamentales, que en 1960 la Oficina de la Salud del Estado de Florida creyó necesario prohibir el uso comercial de plaguicidas en áreas residenciales y por quien no hubiera obtenido previa autorización y cumplimentado ciertos requisitos. Cuando estas medidas se adoptaron, se habían producido varias muertes por paratión en Florida.

Sin embargo, se ha hecho muy poco para advertir al jardinero o al propietario de que está manejando sustancias extremadamente peligrosas. Por el contrario, un río incesante de nuevos preparados hacen cada vez más fácil el uso

de venenos en prados o jardines... y aumentan el contacto del jardinero con ellos. Puede conseguirse un tipo de recipiente unido a la manguera por ejemplo, mediante el cual, productos tan peligrosos como el dieldrín o los perclóricos van aplicándose a medida que se riega el césped. Semejante mecanismo no sólo es un peligro para la persona que use la manguera, sino una amenaza pública. El «New York Times» creyó necesario publicar una advertencia en su página de jardinería diciendo que si no se instalaban aparatos protectores especiales, los venenos podían caer en los depósitos de agua mediante un retroceso del pulverizador. Considerando el número de tales aparatos que hay en uso y la escasez de advertencias como ésa, ¿necesitaremos preguntarnos por qué están contaminadas nuestras aguas públicas?

Como ejemplo de lo que puede sucederle al propio jardinero, podemos considerar el caso de un médico —un entusiasta de la jardinería recreativa— que empezó usando DDT y después malatión en sus arbustos y césped, haciendo aplicaciones semanales con regularidad. Unas veces echaba los productos con un pulverizador de mano y otras con una conexión puesta en su manguera. Al hacerlo, su ropa y su piel quedaban empapadas con frecuencia. Cosa de un año después de estar regando así, de pronto se desmayó un día y fue hospitalizado. Al hacerle la biopsia de la grasa se halló una acumulación de 23 micrones de DDT por gramo. Había además un detrimento nervioso que los médicos consideraron como permanente. Con el transcurso del tiempo perdió peso, sufrió extrema fatiga y experimentó una debilidad muscular especial, efectos característicos del malatión. Todos esos efectos persistentes fueron lo bastante agudos para dificultarle el ejercicio de su profesión de médico.

Además de a la antaño innocua manguera, se han encajado aparatos para la diseminación de plaguicidas a las segadoras mecánicas, conexiones que lanzan una nube de vaporizaciones mientras el jardinero va realizando su tarea de segar el césped. Así, a las humaredas de gasolina, potencialmente peligrosas, se añaden las finísimas partículas de cualquier insecticida que la municipalidad, probablemente sin sospechar nada, ha escogido para distribuir, con lo que el nivel de polución del aire se eleva muy por encima del que sería propio del terreno hasta igualar el de algunas ciudades.

Sin embargo, se ha dicho muy poco respecto a los peligros del riego de los jardines con venenos, o al de los insecticidas empleados en el hogar; las advertencias de las etiquetas están impresas de un modo tan poco llamativo y en letra tan pequeña, que poca gente se toma la molestia de leerlas ni de hacerles caso. Una casa industrial se metió en la empresa de averiguar exactamente *cuántos*. Sus investigaciones indicaron que poco más del quince por ciento de la gente que usa insecticidas en pulverizaciones y vaporizaciones se entera siquiera

de las advertencias que van en los recipientes.

La moda de los suburbios impone ahora que las malezas han de desaparecer a cualquier precio. Los sacos que contienen los productos escogidos para mondar el césped de esa vegetación, se han convertido casi en símbolo de lo legal. Esos herbicidas se venden bajo nombres comerciales que nunca sugieren la identidad de sus compuestos. Para saber que contienen perclóricos o dieldrín, tiene uno que leer un pequeño rotulito impreso con letra demasiado pequeña y colocado en la parte menos visible del saco. La literatura descriptiva que puede recogerse en alguna tienda de productos de jardinería o en alguna ferretería, rara vez, por no decir nunca, revela el verdadero peligro de manipular o aplicar el producto. En vez de hacerlo, las ilustraciones características retratan una escena feliz de familia, el padre y el hijo sonrientes, preparándose para aplicar al césped el producto, y los niños pequeños retozando en la hierba con un perro.

La cuestión de los residuos químicos en los alimentos que ingerimos, es un asunto acaloradamente debatido. La existencia de tales residuos, o es minimizada por la industria como cosa sin importancia o es negada, lisa y llanamente. Al mismo tiempo hay una fuerte tendencia a calificar de fanáticos o presuntuosos a los que son tan perversos que piden que su comida esté libre de venenos insecticidas. En toda esta barahúnda de controversias, ¿cuáles son los hechos reales?

Ha quedado establecido por medio de la medicina y como el sentido común nos advertiría, que las personas que murieron antes de la aparición del DDT (alrededor de 1944) no presentaban señales en sus tejidos de ése ni de ningún producto similar. Según se mencionó en el Capítulo 3, muestras de grasa humana recogida de la gente en general entre 1954 y 1956, daban un promedio de 5.3 a 7.4 micrones de gramo de DDT. Existen algunas pruebas de que el nivel ha aumentado desde entonces hacia una cifra constantemente más elevada, mientras que individuos que tienen contacto especial con insecticidas por su profesión o por otras causas, acumulan, naturalmente, incluso más.

Entre la población corriente que no tenga importante roce directo conocido con insecticidas, puede considerarse que mucho del DDT acumulado en sus depósitos de grasa, ha penetrado en su cuerpo con la comida. Para probar esta suposición, un grupo de científicos del Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos, analizó comidas de restaurantes y establecimientos similares. *Cada comida examinada contenía DDT*. De esto, los investigadores sacaron la consecuencia, muy razonable por cierto, de que «muy pocos alimentos, si es que hay alguno, pueden considerarse enteramente exentos de DDT».

La cantidad que haya en tales alimentos puede ser enorme. En un estudio

especial, el Servicio de Sanidad Pública analizó las comidas de la cárcel y descubrió que en las frutas secas había 69.6 micrones y que el pan ¡contenía 100.9 micrones de gramo de DDT!

En el promedio de la dieta casera, las carnes y todos los productos derivados de grasa animal, contienen los más fuertes residuos de hidrocarburos perclóricos. Esto es así, porque esos productos son solubles en la grasa. Los residuos hallados en frutas y vegetales tienden a ser algo menores. Estos se limpian muy poco con el lavado. El único remedio es quitarles todas las hojas exteriores a las lechugas y las coles, pelar las frutas y no comer la piel ni la parte exterior de ninguna. La cocción no destruye los residuos.

La leche es uno de los pocos alimentos en los que no se permiten residuos de plaguicidas por las disposiciones de la Administración de Alimentos y Drogas. Sin embargo, el hecho real es que aparecen siempre que se hace alguna comprobación. En la mantequilla y otros productos lácteos, están más concentrados. Un análisis de 461 muestras de esos productos hecho en 1961, demostró que una tercera parte contenía residuos, resultado que la Administración de Alimentos y Drogas calificó como de «muy descorazonador».

Para encontrar una dieta libre de DDT y productos químicos similares, perece que es preciso ir a alguna tierra remota y primitiva, que carezca aún de los encantos de la civilización. Una tierra así parece que existe en las lejanas costas árticas de Alaska... aunque hasta allí puede uno ver cómo se acerca la sombra de esa civilización. Cuando algunos científicos analizaron los alimentos indígenas de los esquimales se vio que estaban libres de insecticidas. El pescado fresco y seco; la grasa, el aceite o la carne de castor, ballena, alce, anta, caribú, oso polar y morsa; arándanos, y ruibarbo silvestre habían escapado a la contaminación. Sólo había una excepción: dos lechuzas blancas de Point Hope tenían pequeñas cantidades de DDT, quizá recogidas en el curso de algún viaje de migración.

Cuando algunos de los propios esquimales fueron sometidos al análisis de grasa, se les encontró pequeños residuos de DDT (de 0 a 1.9 micrones de gramo). La causa estaba clara. Las muestras de grasa se habían tomado de gente que había dejado sus aldeas nativas para entrar en el Servicio del Hospital de Sanidad Pública de Estados Unidos de Anchorage para ser intervenidos quirúrgicamente. Allí prevalecían las normas de la civilización, y se descubrió que las comidas del hospital contenían tanto DDT como las de las ciudades más populosas. Los esquimales eran recompensados por su breve estancia en la civilización con una mancha de veneno.

El hecho de que cada comida que ingerimos lleve su carga de perclóricos es la inevitable consecuencia de la costumbre casi universal de pulverizar o regar

las cosechas con esos venenos. Si el agricultor sigue escrupulosamente las instrucciones de las etiquetas, su empleo no producirá más residuos que los autorizados por la Administración de Alimentos y Drogas. Dejando a un lado por lo pronto la cuestión de si esos residuos legales son tan «inofensivos» como se dice, queda el hecho bien conocido de que los agricultores sobrepasan con mucha frecuencia las dosis prescritas, lo usan demasiado cerca del tiempo de la siega, aplican varios insecticidas cuando con uno sería suficiente y, por otro lado, cometen el mismo fallo de no leer las advertencias impresas.

Hasta la industria química reconoce el uso erróneo de insecticidas y la necesidad de educar a los agricultores. Una de sus principales publicaciones comerciales declaraba recientemente que «muchos usuarios no parecen comprender que pueden sobrepasar la tolerancia de insecticidas si emplean cantidades más elevadas que las que se recomiendan. Y el peligro del uso de productos químicos en muchas cosechas puede estar basado en el capricho de los agricultores.»

Los documentos de la Administración de Alimentos y Drogas contienen datos de un número sobrecogedor de semejantes violaciones. Unos cuantos ejemplos servirán para ilustrar los casos de indiferencia hacia las instrucciones: un hortelano que aplicaba a sus lechugas no uno, sino ocho insecticidas distintos poco tiempo antes de la cosecha, otro que había echado el mortal paratión a sus apios en cantidad cinco veces superior a la recomendada como máxima; cultivadores que usan endrín —el más tóxico de todos los hidrocarburos perclóricos— en las lechugas, aunque no es permisible residuo alguno, y espinacas fumigadas con DDT una semana antes de arrancarlas.

También existen casos de casual o accidental contaminación. Grandes cantidades de café verde en sacos de arpillera fueron contaminados al ser transportados en barcos que llevaban también cargamentos de insecticidas Alimentos embalados y situados en tinglados y almacenes están sujetos a repetidos tratamientos de fumigación con DDT, lindane y otros insecticidas que pueden penetrar en el material embalado y presentarse en cantidades apreciables en los alimentos que contenga. Cuanto más tiempo permanezcan almacenados, mayor es el peligro de contaminación.

A la pregunta: «¿Pero no nos protege el Gobierno de semejantes cosas?» la respuesta es: «Sólo en forma limitada». Las actividades de la Administración de Alimentos y Drogas contra los plaguicidas, están severamente restringidas por dos hechos. El primero; que su jurisdicción se ciñe sólo a alimentos embarcados para el comercio entre los Estados; el cultivo y la venta dentro de un Estado se encuentran fuera por completo de su autoridad, cualquiera que sea la violación que se haga de lo dispuesto. El segundo hecho que limita su intervención es el

pequeño número de inspectores de su plantilla —menos de 600 para toda su variada labor. Según un funcionario de la Administración de Alimentos y Drogas, sólo una parte pequeñísima de productos agrícolas están comprendidos en el comercio entre Estados. Y mucho menos de un 1 por ciento puede ser vigilado, lo que no es bastante para que tenga importancia estadística. En cuanto a lo que se refiere a los alimentos producidos y vendidos dentro de cada Estado, la situación es todavía peor, pues muchos Estados tienen leyes lamentablemente inadecuadas al respecto.

El sistema mediante el cual la Administración de Alimentos y Drogas establece los límites máximos permisibles a las contaminaciones, límites llamados «tolerancias», tiene defectos obvios. Bajo las condiciones existentes, su intervención no pasa de simple apariencia de seguridad que promueve una impresión completamente injustificada de que está por encima de las restricciones que le han sido impuestas y a las que tiene que ceñirse. En cuanto a la seguridad que puede obtenerse permitiendo una pizca de veneno en nuestros alimentos —un poco de éste, un poco de aquél— mucha gente discute, con gran razón, que haya ninguna cantidad de veneno deseable en la comida. Al establecer ese nivel de tolerancia, la Administración de Alimentos y Drogas revisa los informes y las pruebas de los venenos en animales y entonces fija un máximo autorizable, que siempre es mucho menos del que se requiere para producir síntomas de alteración en los animales sujetos a esos experimentos. Este sistema, que se supone adecuado para la seguridad pública, pasa por alto cierto número de hechos importantes. Un animal de laboratorio, que vive en condiciones de vigilancia y en un medio completamente artificial, cuando ingiere determinada cantidad de sustancia química, es muy distinto de un ser humano, cuyos contactos con plaguicidas no sólo son múltiples, sino desconocidos para la mayoría, incontrolables e intasables. Incluso si 7 micrones de gramo de DDT en la lechuga de su ensalada fuesen «innocuos», la comida incluye otros alimentos, cada uno con residuos autorizables, mientras que los plaguicidas en su comida son, como ya hemos visto, sólo una parte de su contacto total con esos venenos. Este amontonamiento de productos químicos de diferentes procedencias, crea una exposición que no puede ser calculada. Por consiguiente, no tiene significado el hablar de «inocuidad» al referirse a ninguna cantidad específica de sustancias químicas.

Pero todavía hay otros defectos. La tolerancia se ha establecido a veces contra la opinión de los científicos de la Administración de Alimentos y Drogas, como se cita más adelante, o sobre la base de erróneos conocimientos del producto de referencia. Más tarde, una información mejor ha llevado a reducir la proporción de tolerancia, pero sólo después de que el público ha sido expuesto a

peligrosas proporciones de la sustancia, durante meses o años. Así sucedió cuando se concedió a los perclóricos una tolerancia que tuvo que ser revocada más tarde. Para ciertos productos, no existen métodos de análisis antes de que se registren para la venta. Por consiguiente, los inspectores se han visto fracasados en sus investigaciones encaminadas a fijar el nivel permisible. Esto complicó grandemente el trabajo sobre el «arándano artificial» o aminotriazolo. Los métodos de análisis escasean también para ciertos fungicidas de uso corriente en el tratamiento de las semillas que si no se emplean al finalizar la estación de la siembra, pueden muy bien aparecer en el alimento humano.

Así, pues, el establecer tolerancias es autorizar la contaminación pública de la comida con productos químicos ponzoñosos para que el agricultor y su labor puedan disfrutar del beneficio de una producción más barata... y por consiguiente, condenar al consumidor, imponiéndole una contribución, a mantener una burocracia encargada de inspeccionar que no le den dosis mortales de venenos. Pero hacer el trabajo de inspección de un modo eficaz, costaría mucho más dinero del que el legislador se atrevería a gastar, dado el actual volumen y la toxicidad de los productos químicos para la agricultura. De modo que, en fin de cuentas, el desgraciado consumidor paga sus impuestos, pero le dan el veneno sin miramientos.

¿Cuál es la solución? La primera necesidad es la supresión de tolerancias con anhídridos perclóricos, con todo el grupo de fósforo orgánico y con otros productos químicos altamente tóxicos. A esto se objetará inmediatamente que tal medida cargará con un peso insoportable al agricultor. Pero sí, como ahora es la meta que cabe esperar, es posible emplear las sustancias químicas de modo que dejen sólo un residuo de 7 micrones de gramo (la tolerancia para el DDT) o de 1 micrón (la tolerancia para el paratión) o, incluso de 0.1 micrón, como se requiere para el dieldrín, en una gran variedad de frutas y vegetales, ¿por qué no es posible, con un poco más de cuidado, impedir la presencia de ninguna cantidad de residuos químicos? Esto es, de hecho, lo que se pide respecto a algunos productos como los perclóricos, el endrín y el dieldrín en determinadas cosechas. Si para estos casos se considera práctico, ¿por qué no en todos?

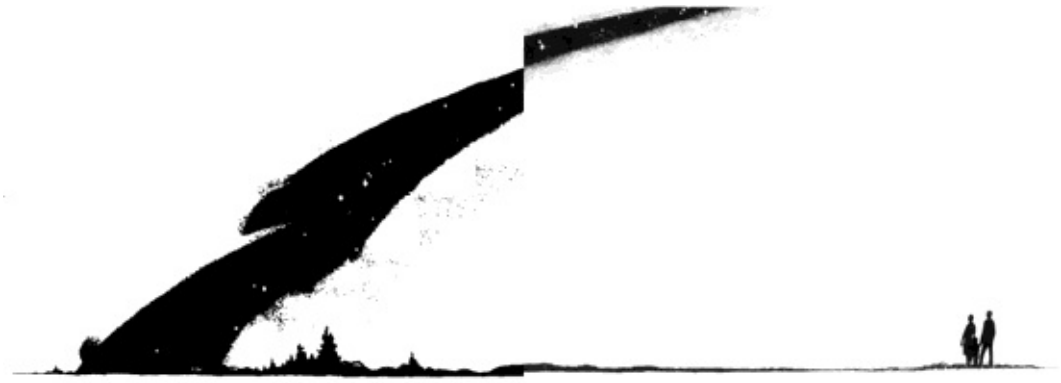
Pero ésta no es una completa o última solución, porque el borrar la tolerancia en el papel tiene poco valor. Actualmente, como ya hemos expuesto, más del 99 por ciento de los envíos de alimentos de unos Estados a otros se deslizan sin inspección. Esa es la causa de que constituya otra urgente necesidad una vigilante y agresiva Administración de Alimentos y Drogas con un equipo de inspectores sumamente aumentado.

Este sistema, no obstante —el envenenar deliberadamente nuestra comida y a continuación inspeccionar el resultado— recuerda demasiado al Caballero

Blanco de Lewis Carrol, que pensó en «un plan para teñirse las patillas de verde, y usar un abanico tan grande que no se pudieran ver». La última respuesta es emplear menos productos químicos tóxicos, de modo que el peligro público de su mal uso quede muy reducido. Otros productos existen ya, como el pelitre, el rotenón, la riania y demás derivados de sustancias vegetales. Sustitutivos sintéticos del pelitre se han desarrollado ya, de modo que puede predecirse otra disminución importante. La educación del público relativa a la verdadera naturaleza de los productos químicos que se ofrecen a la venta es tristemente necesaria. La mayoría de los compradores está completamente confundida por la balumba de propaganda de insecticidas, fungicidas y herbicidas, y no tiene manera de saber cuáles son los mortales y cuales los medianamente inofensivos.

Como adición a ese cambio hacia los plaguicidas agrícolas menos peligrosos, debemos investigar las posibilidades de aplicar métodos no químicos. El empleo de sistemas de enfermar a los insectos por medio de una bacteria específica para determinado tipo de insectos, se está probando ya en California, y se hallan en estudio métodos para hacerlos más extensos. Aún existen otras muchas posibilidades de limitación de insectos por sistemas que no dejen residuos en los alimentos (véase el Capítulo 17). Hasta que no se hayan aplicado a gran escala esos nuevos sistemas, tendremos poca tranquilidad en una situación que, bajo ninguna ley lógica, es tolerable. Tal como están ahora las cosas, nos hallamos en poca mejor posición que los invitados de los Borgia.

12. El precio humano



A medida que la corriente de productos químicos nacidos de la Era Industrial ha crecido para inundar nuestro medio ambiente, se ha producido un cambio drástico en la naturaleza de los más serios problemas sanitarios. Ayer mismo el género humano vivía con el temor del contagio de la viruela, del cólera y de pestes que a veces se llevaban por delante naciones enteras. Ahora, nuestra máxima preocupación no son los microbios de enfermedades que fueron antaño omnipotentes; desinfecciones, mejores condiciones de vida y nuevas drogas nos han proporcionado un alto grado de dominio de las enfermedades infecciosas. Hoy estamos preocupados por otra clase de peligro que acecha a nuestro alrededor... un peligro que nosotros mismos hemos introducido en nuestro mundo mientras se desplegaba el moderno sistema de vida.

Los nuevos problemas sanitarios que nos rodean son múltiples... creados por la radiactividad en todas sus formas, nacidos del inacabable torrente de sustancias químicas de que forman parte los plaguicidas y que actúan sobre nosotros directa e indirectamente, separada y colectivamente. Su presencia lanza una sombra no menos siniestra por ser informe y oscura, no menos atemorizadora porque sean imposibles de predecir los *efectos* del contacto con los agentes químicos y físicos que no forman parte de los conocimientos biológicos del hombre.

«Todos vivimos bajo el temor agobiante a que algo pueda corromper nuestro medio ambiente hasta un extremo que una al hombre con el dinosaurio, como ejemplo de rudimentaria forma de vida», dice el Dr. David Price, del Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos, «Y lo que más perturba esos pensamientos es el sabor que nuestro destino puede sellarse quizá, veinte años antes de que se presenten los síntomas».

¿Qué sitio corresponde a los plaguicidas en el cuadro de la enfermedad ambiental? Ya hemos visto que ahora contaminan el mantillo, el agua, y los alimentos, que tienen poder para dejar yermos nuestros ríos y nuestros bosques y los jardines silenciosos y sin pájaros. A pesar de ello, al hombre le gustaría simular que es distinto y no forma parte de la naturaleza. ¿Puede escapar a la contaminación que está tan ampliamente distribuida a través de todo nuestro mundo?

Ya sabemos que incluso roces no repetidos con tales productos, si la cantidad de éstos es suficiente, pueden desencadenar envenenamiento agudo. Pero esto no es el mayor problema. El que agricultores, fumigadores, pilotos y otras personas expuestas al contacto con importantes cantidades de plaguicidas, enfermen repentinamente e incluso mueran, es algo trágico que no debe ocurrir. Pero los demás, como un conglomerado, debemos preocuparnos más de los efectos aplazados de la absorción de pequeñas cantidades de plaguicidas que de un modo invisible contaminan nuestro mundo.

Funcionarios responsables de la salud pública han señalado que los efectos biológicos de los productos químicos referidos son acumulativos a lo largo de extensos períodos de tiempo, y que el peligro para el individuo puede depender de la suma de contactos que tiene con esas sustancias a través de toda su vida. Y precisamente por esas mismas razones, el riesgo se descuida fácilmente. Es propio de la naturaleza humana sentir indiferencia por lo que puede parecerle un vago anuncio de futuros desastres. «El hombre se impresiona mucho más fácilmente por enfermedades que presentan claros síntomas —dice el sabio físico doctor René Dubos—. Y, sin embargo, sus peores enemigos se introducen en él sin impedimentos.»

Para todos nosotros, tanto como para el petirrojo de Michigan o para el salmón del Miramichi, éste es un problema de ecología, de interdependencia. Envenenamos a los mosquitos de un río y los bancos de salmones quedan afectados y mueren. Envenenamos las larvas de las moscas de un lago y la ponzoña pasa de eslabón en eslabón, por la cadena de alimentos, y pronto se convierten en víctimas los pájaros de las orillas. Rociamos nuestros olmos y las siguientes primaveras se quedan silenciosas, sin el canto de los petirrojos, no porque los hayamos rociado directamente, sino porque el veneno ha viajado, paso tras paso, a través del ciclo constituido por las hojas de ese árbol, las lombrices de tierra y el petirrojo que se las come. Esos son casos registrados, fácilmente observables, que forman parte del mundo que nos rodea. Reflejos del tejido de la vida —o de la muerte— que los científicos conocen como ecología.

Pero también existe una ecología del universo en el interior de nuestro cuerpo. En ese mundo invisible causas mínimas producen enormes efectos; y sin

embargo, el efecto parece que no se relaciona con la causa cuando surge en una parte del cuerpo alejada del lugar en que se produjo el daño inicial. «Un cambio en cualquier punto, incluso en una célula, puede reflejarse en la totalidad del conjunto e iniciar cambios en tejidos u órganos aparentemente no relacionados entre sí», dice un reciente informe referente al actual estado de la investigación médica. Cuando uno se siente preocupado por el misterioso y admirable funcionamiento del cuerpo humano, observa que la causa y el efecto están rara vez separados, y que demuestran fácilmente relaciones entre sí. Pueden estar ampliamente distantes en espacio y en tiempo. Pero el descubrir el agente de la enfermedad y de la muerte, depende de un paciente encaje de hechos aparentemente distintos y sin conexión, efectuado a través de una vasta suma de investigaciones en campos diversos.

Estamos acostumbrados a buscar los grandes e inmediatos efectos e ignorar todo lo demás. A menos que éstos aparezcan rápidamente y en forma tan obvia que no puedan ser ignorados, negamos la existencia de los peligros. Hasta los científicos sufren del cansancio que les producen los medios inadecuados para descubrir los prolegómenos del mal. La falta de métodos suficientemente sutiles para señalar el daño antes de que aparezcan los síntomas, es uno de los grandes problemas que la medicina tiene sin resolver.

«Pero —acaso objete alguien— yo he usado pulverizaciones de dieldrín en el césped muchas veces y nunca he tenido convulsiones como los empleados de la Organización Mundial de la Salud... Así que a mí no me han perjudicado.» La cosa no es tan sencilla. A pesar de la ausencia de síntomas violentos y súbitos, el que maneja tales productos está almacenado, incuestionablemente, materiales tóxicos en su cuerpo. El almacenamiento de hidrocarburos perdónelos, como ya hemos visto, es acumulativo y empieza con el más pequeño roce. Los tóxicos quedan alojados en todos los tejidos grasos del cuerpo. Cuando esas reservas de grasas son empleadas, el veneno puede presentarse súbitamente. Una publicación médica de Nueva Zelanda proporcionó hace poco un ejemplo. Un hombre, sometido a tratamiento contra la obesidad, dio repentinamente síntomas de envenenamiento. El examen de su grasa permitió hallar dieldrín, que había sido metabolizado con la pérdida de peso. Lo mismo puede ocurrir cuando se adelgaza por alguna enfermedad.

Los resultados de ese almacenamiento pueden ser hasta menos claros. Hace algunos años, el «Journal» de la Asociación Médica Americana, advertía muy seriamente de los peligros de la acumulación de insecticidas en el tejido adiposo. Este tejido adiposo, se nos advierte, no es simplemente un lugar para depósito de grasa (que da alrededor del 18 por ciento del peso total), sino que tiene muchas funciones importantes que pueden ser interrumpidas por los venenos

almacenados. Además, las grasas están distribuidas en los órganos y tejidos de todo el cuerpo, e incluso forman parte de las membranas de las células. Por consiguiente, es importante recordar que los insecticidas solubles en grasas, quedan almacenados en células individuales, donde están en situación de obstaculizar las vitales funciones de la oxidación y la producción de energía. Este importante aspecto del problema se recogerá en el próximo capítulo.

Uno de los más importantes hechos relacionados con los insecticidas de hidrocarburos perclóricos, es el efecto de éstos en el hígado. De todos los órganos del cuerpo, el hígado es el más singular. No tiene igual en versatilidad y en las funciones imprescindibles que desempeña. Preside tantas actividades vitales, que hasta el más leve daño que sufra puede tener fatales consecuencias. No sólo proporciona la bilis para la digestión de las grasas, sino que por su colocación y los vasos circulatorios que convergen en él, recibe sangre directa del aparato digestivo y está profundamente implicado en el metabolismo de los principales elementos alimenticios. Almacena azúcar en glicógeno y lo suelta en forma de glucosa en cantidades cuidadosamente medidas para mantener el nivel de azúcar adecuado en la sangre. Almacena proteínas, incluidos algunos elementos esenciales de plasma sanguíneo relacionados con la coagulación de la sangre. Mantiene el colesterol a nivel necesario en dicho plasma sanguíneo e inmoviliza las hormonas femeninas y masculinas cuando alcanzan excesivo nivel. Es también almacén de muchas vitaminas, algunas de las cuales contribuyen a su propio y adecuado funcionamiento.

Sin un hígado que funcione normalmente, el cuerpo quedaría indefenso contra la gran cantidad de venenos que le invaden continuamente. Algunos de éstos son normales subproductos del metabolismo, a los que el hígado, hábil y eficientemente, convierte en innocuos sustrayéndoles el nitrógeno. Pero también los venenos que no tienen su normal aposentamiento en el hígado, pueden ser desprovistos de toxicidad. Los «inofensivos» insecticidas paratión y metoxicloro son menos ponzoñosos que sus parientes, sólo porque una enzima del hígado combate contra ellos, altera sus moléculas de tal modo que su capacidad para dañar es disminuida. De manera similar, el hígado combate la mayoría de las sustancias tóxicas a que es expuesto.

Nuestra línea defensiva contra los venenos invasores o interiores queda ahora debilitada. Un hígado dañado por plaguicidas no es sólo impotente para protegernos contra los venenos, sino que la totalidad de sus actividades pueden ser interferidas. Por consiguiente, las consecuencias, además de tener largo alcance, pueden no aparecer inmediatamente y no ser atribuidas a su verdadera causa.

En relación con el casi universal empleo de insecticidas que son venenosos

para el hígado, es interesante anotar el enorme crecimiento de hepatitis que se inició en 1950 y continúa un ascenso fluctuante. También parece que las cirrosis aumentan. Mientras que se admite con dificultad, en relación con los seres humanos más que en animales de experimentación, que pueda «probarse» que la causa A produzca el efecto B, el sentido común liso y llano sugiere que la relación entre la creciente proporción de enfermedades del hígado y la existencia de venenos en el medio ambiente no es coincidencia. Si los hidrocarburos perclóricos son la causa primaria o no, resulta difícilmente apreciable bajo unas circunstancias que nos exponen a venenos que tienen una capacidad probada de dañar el hígado y, en consecuencia, a hacerle menos resistente a la enfermedad.

Tanto la mayoría de los insecticidas a base de hidrocarburos perclóricos como los de fosfatos orgánicos, afectan directamente al sistema nervioso, aunque de forma algo distinta. Esto se ha demostrado por un infinito número de experimentos realizados sobre animales y por observaciones sobre personas asimismo. En cuanto al DDT, el primero de los insecticidas orgánicos extensamente usados, su acción se realiza en el sistema nervioso central del hombre; el cerebelo y la corteza motora son, según se cree, los puntos principalmente afectados. Sensaciones anormales como pinchazos, ardores o dolor, tanto como temblores e incluso convulsiones, pueden seguir al contacto con apreciables cantidades de veneno, según un registro corriente de toxicología.

Nuestro primer conocimiento de los síntomas de envenenamiento agudo por DDT nos lo proporcionaron varios investigadores ingleses, que se expusieron ellos mismos, deliberadamente, a ese contacto, a fin de conocer sus consecuencias. Dos científicos del Laboratorio de Fisiología de la Real Armada Británica, probaron la absorción del DDT por la piel, mediante contacto directo con paredes recubiertas de una pintura soluble al agua, que contenía un 2 por ciento de DDT, con una delgada capa de aceite. El efecto causado en el sistema nervioso se describe elocuentemente en el siguiente informe: «El cansancio, la pesadez, el dolor de los miembros, eran evidentes, y el estado mental, asimismo, angustioso... Sentíamos extrema irritabilidad... gran aversión a cualquier clase de trabajo... una sensación de incapacidad mental para emprender la más pequeña tarea intelectual. Al mismo tiempo, los dolores eran violentísimos».

Otro científico británico que se aplicó en la piel DDT en una solución de acetona, informó de haber sufrido pesadez y dolor en las extremidades, debilidad muscular y «espasmos de tensión nerviosa extrema». Se tomó unas vacaciones y mejoró, pero al volver al trabajo su estado empeoró. Entonces pasó tres semanas en cama, sufriendo enormemente por el dolor constante de los miembros, insomnio, tensión nerviosa y sensación de ansiedad aguda. A veces, los temblores le sacudían todo el cuerpo... temblores de la clase que ahora nos es

demasiado familiar por haberlos visto en pájaros envenenados con DDT. El experimentador perdió diez semanas de trabajo, y al cabo de un año, cuando su caso se reprodujo en un periódico médico de Inglaterra, la recuperación no era completa.

(A pesar de esa evidencia, varios investigadores norteamericanos dirigieron un experimento con DDT sobre varios pacientes voluntarios y desdeñaron las quejas de dolor de cabeza y «dolor en todos los huesos», como «de un obvio origen psiconeurótico»).

Hay muchos casos registrados en los que tanto los síntomas como el curso total de la enfermedad apunta como causa a los insecticidas. Es típico que la víctima del mal haya sufrido contacto con alguno de los insecticidas, sus síntomas han subsistido al tratamiento que incluía la supresión de todos los insecticidas de su alrededor, y lo que es más significativo, «*han vuelto a recaer cada vez que renovaban el contacto*» con los productos dañinos. Esta clase de evidencias —y no otras— forman la base de una vasta terapéutica médica aplicada en muchos otros casos. No hay razón para que no sirvan de aviso de que ya no es cuerdo aceptar el «calculado riesgo» de saturar nuestro medio ambiente con plaguicidas.

¿Por qué no presentan los mismos síntomas todos los que manejan insecticidas? Aquí interviene el asunto de la sensibilidad de cada uno. Existen algunas pruebas de que la mujer es más sensible que el hombre, los muy jóvenes más que los adultos, los que hacen vida sedentaria y ciudadana más que los que trabajan duramente, tanto en ciudad como en el campo. Además de esas diferencias, existen otras no menos reales porque sean intangibles. Lo que hace que una persona sea alérgica al polvo o al polen, sensible al veneno, o susceptible a una infección más que a otra, no es misterio para la medicina, aunque hasta ahora no haya encontrado explicación. No obstante, el problema existe y afecta a importante cantidad de gente. Algunos médicos estiman que un tercio o más de sus pacientes dan síntomas de cierta forma de sensibilidad y que el número sigue creciendo. Y, desgraciadamente, la sensibilidad puede presentarse de modo súbito en una persona antes insensible. De hecho, algunos científicos creen que contactos intermitentes con productos químicos pueden destruir precisamente tal sensibilidad. Si eso es cierto, podría explicar por qué algunos estudios efectuados en hombres sujetos a contactos continuos por su profesión, han encontrado poca evidencia de efectos tóxicos. Por su permanente roce con esos productos, aquellos hombres se mantienen inmunizados... como un especialista en alergia conserva inmunizados a sus pacientes por medio de repetidas y pequeñas inyecciones de la sustancia que les ocasiona la alergia.

El problema total del envenenamiento por plaguicidas es enormemente

complicado por el hecho de que el ser humano, a diferencia de los animales de experimentación en laboratorios, sujetos a condiciones de vida rígidamente controladas, nunca está expuesto a un solo producto químico. Entre los grupos más importantes de insecticidas, y entre éstos y otros productos, hay interacciones de las que resultan potenciales muy importantes. Tanto si se encuentran en el mantillo, en el agua o en la sangre humana, esas sustancias sin relación entre sí, no permanecen separadas. Se producen misteriosos y ocultos cambios mediante los cuales una altera la potencia de otra para acrecentar su virulencia.

Existe interacción incluso entre los dos grupos principales de insecticidas, juzgados usualmente como de facultades distintas por completo. La facultad de los fosfatos orgánicos, esas ponzoñas de la enzima colinesterasa protectora de los nervios, puede crecer en el cuerpo que primero ha entrado en contacto con un hidrocarburo perclórico que daña el hígado. Esto ocurre así, porque cuando la función hepática se altera, el nivel de colinesterasa baja de lo normal. Los efectos depresivos del fosfato orgánico pueden quedar así lo bastante libres como para precipitar el mal. Y, como ya hemos visto, dos clases de los propios fosfatos orgánicos pueden establecer una interacción de tal modo que aumente su toxicidad en un ciento por ciento. O bien los fosfatos orgánicos pueden reaccionar por medio de varias drogas, o con productos sintéticos adicionales de los alimentos... ¿Quién puede decir con qué otras cosas de las infinitas sustancias fabricadas por el hombre que ahora prevalecen en nuestro mundo?

El efecto de un producto químico de características aparentemente innocuas puede cambiar radicalmente por la acción de otro; uno de los ejemplos más claros es un pariente próximo del DDT llamado metoxicloro. (La verdad es que el metoxicloro puede que no esté tan exento de cualidades peligrosas como se ha venido diciendo, porque recientes trabajos en animales de experimentación han demostrado que actúa directamente en el útero y produce efectos de obstrucción en algunas de las potentes hormonas pituitarias... recordándonos de nuevo que se trata de productos químicos con enormes efectos biológicos. Otras investigaciones demuestran que el metoxicloro tiene una fuerte capacidad para dañar los riñones.) Como no queda almacenado cuando está solo, se nos dice que el metoxicloro es un producto inofensivo. Pero ésa no es toda la verdad. Si el hígado ha sido atacado por otro agente, el metoxicloro se almacena en el organismo con un *ciento por ciento* de su proporción normal, y entonces imita los efectos del DDT con secuelas de larga duración sobre el sistema nervioso. Pero además el ataque contra el hígado que ocasiona lo expuesto puede ser tan ligero como para pasar inadvertido. Incluso podría ser resultado de cualquier incidente normal: empleo de otro insecticida, de un producto de limpieza líquido

que contenga carbono perclórico, o la ingestión de las llamadas drogas tranquilizantes, algunas (no todas) de las cuales tienen hidrocarburos perclóricos y encierran la capacidad de dañar el hígado.

Los perjuicios sobre el sistema nervioso no corresponden sólo al envenenamiento agudo. También pueden seguirse de efectos retardados a consecuencia de contactos con el veneno. Se ha informado que daños de larga duración en nervios y cerebro se han producido por el metoxicloro y otros productos. El dieldrín, además de sus consecuencias inmediatas ya conocidas, puede tener efectos aplazados que van desde «pérdida de memoria, insomnios y pesadillas, hasta la locura». El lindane, según investigaciones médicas, se almacena en pequeñas cantidades en el cerebro y en el tejido hepático y puede producir «profundos y duraderos efectos en el sistema nervioso central». Aunque este producto, que es una forma del benzeno perclórico, se usa mucho en vaporizaciones, por medio de aparatos que sueltan chorros de insecticidas volatilizados en hogares, oficinas y restaurantes.

Los fosfatos orgánicos, generalmente considerados tan sólo en sus más violentas manifestaciones de envenenamiento agudo, tienen asimismo capacidad para producir largos efectos perniciosos en el tejido nervioso y desórdenes mentales. Varios casos de parálisis lentas se han producido a continuación del uso de alguno do esos insecticidas. Un curioso hecho se produjo en Estados Unidos durante la época de la ley seca (alrededor de 1930) que pronosticó lo que había de suceder en el futuro y fue causado, no por un insecticida, sino por una sustancia perteneciente al mismo grupo químico que los insecticidas de fosfatos orgánicos. En aquella época algunas medicinas fueron puestas a la venta como sucedáneos de licores, medicinas que no estaban sujetas a la ley de prohibición. Una de ellas fue el jengibre de Jamaica. Pero el producto de la «*Farmacopea de Estados Unidos*» era caro y los bodegueros concibieron la idea de fabricar un sustitutivo del jengibre de Jamaica. Lo hicieron tan bien, que su espurio mejunje respondió a las pruebas adecuadas y defraudó a los químicos del gobierno. Para darle el tono necesario le habían mezclado una sustancia conocida como fosfato de triortocresil. Este producto químico, como el paratión y sus similares, destruye la protectora enzima colinesterasa. Como consecuencia de beber aquel licor, unas 15.000 personas presentaron un tipo de parálisis progresiva en los músculos de las piernas, enfermedad que se llamó «parálisis del jengibre». La parálisis iba acompañada de la destrucción de la membrana nerviosa externa y de la degeneración de las células de las apófisis articulares de la columna vertebral.

Unas dos décadas después varios otros fosfatos orgánicos se pusieron en uso como insecticidas, tal como ya hemos visto, y pronto empezaron a darse casos que recordaban el episodio de la parálisis del jengibre. Uno de ellos fue el

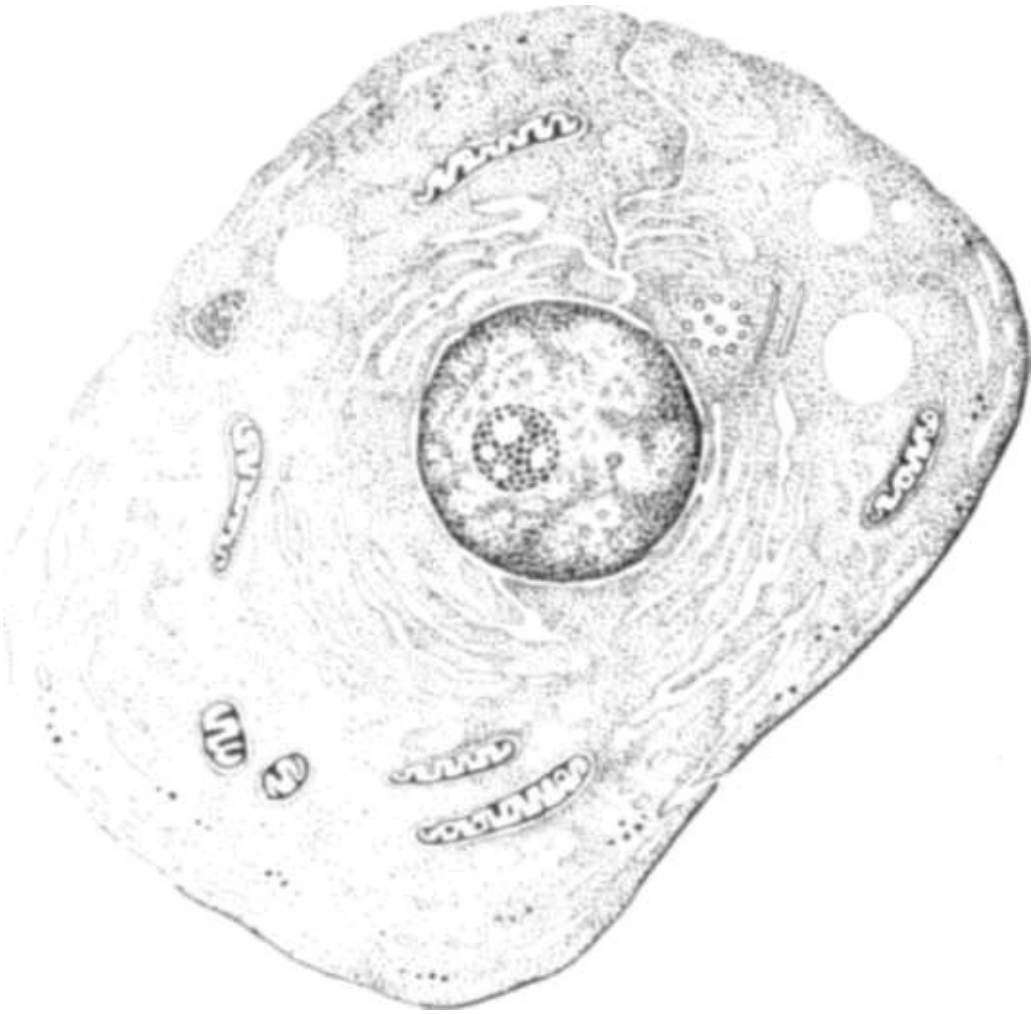
de cierto trabajador de un invernadero en Alemania, que se quedó paralítico varios meses después de experimentar síntomas benignos de intoxicación en las contadas ocasiones en que empleó paratión. Después, un grupo de tres empleados de una fábrica de productos químicos presentaron síntomas de envenenamiento agudo por el contacto con otros insecticidas de aquel grupo. Se repusieron después de un tratamiento, pero diez días más tarde dos de ellos tenían debilidad muscular en las piernas. Este fenómeno persistió durante 10 meses en uno; la otra, una joven química, quedó afectada más gravemente, con parálisis en ambas piernas y algunas repercusiones en brazos y manos. Dos años después, cuando su caso se relató en un periódico médico, todavía estaba incapacitada para andar.

El insecticida causante de dichos males fue retirado del mercado, pero algunos de los que se emplean actualmente pueden causar iguales daños. El malatión (favorito de los jardineros) ha producido graves ataques musculares en pollos sometidos a experimentación. Los daños se han presentado (como en la parálisis del jengibre) por destrucciones de las membranas de los nervios ciáticos y espinales.

Todas esas consecuencias del envenenamiento por fosfatos orgánicos, si se sobrevive a ellas, pueden preludiar algo peor. Considerando el grave daño ocasionado sobre el sistema nervioso, resultaría seguramente inevitable que dichos insecticidas estuvieran relacionados con enfermedades mentales. Esta relación se ha demostrado recientemente por investigadores de la Universidad de Melbourne y del Hospital Príncipe Enrique de la misma capital, que han informado de 16 casos de enfermedades mentales. Todos tenían un historial de prolongados contactos con insecticidas de fosfatos orgánicos. Tres eran científicos dedicados a comprobar la eficacia de las sustancias químicas; ocho trabajaban en invernaderos y cinco eran agricultores. Los síntomas que presentaban iban desde pérdida de memoria hasta reacciones esquizofrénicas y depresivas. Todos tenían fichas médicas normales hasta que los productos químicos los destrozaron.

Como vamos viendo, pueden encontrarse casos de la misma índole, ampliamente extendidos por la literatura médica, unas veces referidos a hidrocarburos perclóricos y otras a fosfatos orgánicos. Confusiones, depresiones, pérdida de la memoria, locura... duro precio por la temporal destrucción de unos cuantos insectos, pero precio que continuará pagándose mientras insistamos en usar productos que atacan directamente al sistema nervioso.

13. A través de una estrecha ventana



El biólogo George Wald comparó una vez su trabajo sobre un tema muy especializado: el pigmento del ojo, a tuna ventana muy estrecha a través de la cual sólo se puede ver un rayo de luz. A medida que uno se acerca, la vista crece y crece, hasta que por fin, a través de esa misma estrecha ventana está uno contemplando el universo».

Del mismo modo, sólo cuando concentramos nuestro foco, primero sobre las células del organismo, después sobre los minúsculos tejidos contenidos en esas células y por fin sobre las últimas reacciones de las moléculas encerradas en dichos tejidos, sólo entonces podemos comprender los serios y tentaculares efectos de la infiltración fortuita de productos químicos extraños en nuestro medio ambiente interno. La investigación médica sólo muy recientemente se ha

detenido en el funcionamiento de la célula del individuo para producir la energía que es la indispensable condición de la vida. El extraordinario mecanismo productor de energía en el cuerpo humano es básico, no sólo para la salud, sino para la vida; sobrepasa en importancia hasta a los órganos vitales, porque sin el suave y efectivo funcionamiento de la oxidación producida por la energía ninguna de las funciones del organismo podría realizarse. Y, no obstante, la naturaleza de muchos de los productos químicos usados contra insectos, roedores y malezas es tal, que puede atacar directamente a ese sistema, destruyendo el hermoso funcionamiento de su mecanismo.

La investigación que ha conducido a nuestro actual conocimiento de la oxidación celular es una de las más impresionantes realizaciones de la biología y la bioquímica. La lista de los que han contribuido a ese trabajo incluye el nombre de muchos ganadores del Premio Nobel. Paso tras paso, dicha labor ha estado marchando durante un cuarto de siglo, recogiendo cada hallazgo anterior como piedras básicas del edificio. Todavía no se ha completado éste en todos sus detalles. Y hasta la pasada década no se consiguieron las múltiples piezas que forman un todo para que la oxidación biológica enriquezca el acervo del conocimiento de los biólogos. Aún más importante es el hecho de que los médicos que hicieron sus estudios antes de 1950 han tenido poca oportunidad de conocer la importancia crítica del proceso indicado y de los peligros que entraña su interrupción.

El último trabajo de la producción de energía se realiza, no en determinado órgano, sino en cada célula del cuerpo. Una célula viva, como una llama, quema el combustible para producir la energía de la que depende la existencia. La analogía es más poética que exacta, porque la célula cumple su función «quemadora» con sólo el moderado calor de la temperatura normal del cuerpo. Y sin embargo, esos millones de pequeños fuegos reparten la energía. Si cesaran de arder «no habría corazón que latiera, ni planta que creciera desafiando la gravedad, ni amiba que sobrenadara, ni sensación que recorriera un nervio, ni pensamiento que iluminara el cerebro humano», ha dicho el químico Eugene Rabinowitch.

La transformación de la materia en energía en la célula es un proceso siempre fluyente, uno de los ciclos de renovación de la materia, como una rueda que girase sin fin. Grano por grano, molécula por molécula, el combustible de carbohidrato en forma de glucosa se alimenta en esa rueda; en su cíclico andar, la molécula combustible experimenta fragmentaciones y una serie de minúsculos cambios químicos. Esos cambios se producen de manera ordenada, un paso tras otro, y cada paso dirigido y controlado por una enzima de tan especial función que efectúa esa función y ninguna otra.

A cada paso se produce energía, se consumen productos (dióxido de carbono y agua) que se desechan, y la molécula de combustible, transformada, pasa al siguiente escalón. Cuando la rueda en movimiento ha completado su ciclo, la molécula ha pasado a una forma en la que está dispuesta a combinarse con nuevas moléculas que entren y a empezar de nuevo el ciclo.

Este proceso de funcionamiento de las células como una fábrica de productos químicos es una de las maravillas del mundo viviente. El hecho de que todas las partes en funcionamiento sean de tamaño infinitesimal, acrecienta el milagro. Con pocas excepciones, las células mismas son minúsculas y sólo se pueden ver con ayuda del microscopio. No obstante, la mayor parte del trabajo de oxidación se realiza en un escenario mucho más pequeño: en finísimos gránulos llamados mitocondrios. Aunque conocidos desde hace más de 60 años, fueron al principio desdeñados como elementos celulares de desconocidas funciones, probablemente sin importancia. Hasta 1950 no se convirtió su estudio en emocionante y fructífero campo de investigaciones. De pronto empezaron a atraer de tal modo la atención que en cinco años aparecieron 1.000 publicaciones sobre este único tema.

Otra vez se queda uno asombrado ante la maravillosa paciencia y auténtica devoción gracias a las cuales se ha resuelto el misterio de los mitocondrios. Imagínese una partícula tan pequeña que apenas puede verla uno a través del microscopio que la ha aumentado 300 veces. Después figúrense la habilidad que hace falta para aislar esa partícula, para colocarla aparte, analizar sus componentes y determinar lo enormemente complejo de su funcionamiento. Y eso se ha conseguido con ayuda del microscopio electrónico y la técnica del bioquímico.

Ahora se sabe que los mitocondrios son delgados manojos de enzimas de gran variedad, incluidas las necesarias para el ciclo oxidativo, colocadas en filas ordenadas y exactas sobre paredes y divisiones. Los mitocondrios son los polvorines en los que se producen la mayoría de las reacciones. Después que se han dado los pasos preliminares de la oxidación, en el citoplasma, la molécula combustible pasa al interior del mitocondrio. Aquí es donde se completa la oxidación; es aquí donde se sueltan enormes cantidades de energía.

Los giros interminables de la rueda de la oxidación dentro del mitocondrio servirían para poco si no fuera por el siguiente resultado: la energía producida a cada vuelta del ciclo se denomina de forma familiar por los bioquímicos ATP (trifosfato de adenosina), una molécula que contiene tres grupos de fosfatos. La labor del ATP es proporcionar energías procedentes del hecho de que puede transferir uno de sus grupos de fosfatos a otras sustancias, al mismo tiempo que sus cordones de electrones van y vienen a gran velocidad. Así, en una célula

muscular, la energía para contraerse se consigue cuando un grupo determinado de fosfatos es transferido al músculo correspondiente. De este modo se efectúa otro ciclo: un ciclo dentro de otro: una molécula de ATP renuncia a uno de esos grupos de fosfatos y sólo retiene dos, convirtiéndose en una molécula difosfatada ATP. Pero con el girar de la rueda adelante, se duplica otro grupo de fosfatos y la potencia ATP queda reconstruida. Así se ha empleado la analogía de la batería almacenada: el ATP representa esa batería cargada, y el ADP descargada.

El ATP es la corriente universal de energía que se encuentra en todos los organismos, desde el microbio hasta el hombre. Ella proporciona energía mecánica a las células musculares y energía eléctrica a las células de los nervios. La célula espermática, el óvulo o el huevo fertilizado, dispuesto para el enorme estallido de actividad que lo transformará en rana, en pájaro o en niño, la célula que debe crear una hormona, está alimentada con ATP. Alguna de la energía del ATP se emplea en el mitocondrio, pero la mayor parte es despachada inmediatamente a la célula, para proporcionarle potencia para otras actividades. La colocación del mitocondrio en el interior de ciertas células es señal elocuente de su función, puesto que está situado de tal modo que la energía puede ser entregada precisamente donde se necesita. En las células musculares encierran fibras contráctiles; en las células nerviosas se encuentran en conjunción con otra, proporcionando energía para la transferencia de los impulsos; en las células espermáticas están concentrados en el punto en que la cola impulsora se une a la cabeza.

El recargo de la batería en la que el ADP y un grupo suelto de fosfatos se combinan para restaurar el ATP, se duplica con el proceso oxidativo; el enlace se conoce como fosforación doblada. Si la combinación no resulta doblada, se pierde la posibilidad de proveer energía utilizable. La respiración continúa, pero no se produce energía. La célula se ha convertido en una máquina de escape que genera calor pero no produce movimiento. Entonces el músculo no puede contraerse ni el impulso corre a través del tejido nervioso. En consecuencia el espermatozoo no puede dirigirse a su destino; el óvulo fertilizado no puede completar sus múltiples divisiones y elaboraciones. Las consecuencias de que no se realice la duplicación pueden ser desastrosas para cualquier organismo, desde el embrión al adulto. Con el tiempo puede conducir a la muerte del tejido e incluso del organismo.

¿Cómo puede darse la falta de duplicación? La radiación es una causa y la muerte de las células expuestas a radiaciones se efectúa, según creen algunos, de ese modo. Desgraciadamente buena cantidad de productos químicos tienen también el poder de separar la oxidación de la producción de energía, y entre esos productos figuran los herbicidas y los insecticidas. Los fenoles, como ya

hemos visto, tienen fuertes efectos en el metabolismo al causar un fatal aumento en la temperatura; este aumento se produce mediante el efecto de la «máquina de escape». Los dinitrofenoles y los perclorofenoles son ejemplos de ese grupo que tienen amplio uso como herbicidas. Otro anti duplicador entre los herbicidas es el 2, 4-D. Entre los hidrocarburos perclóricos el DDT es un probado agente contrario a la duplicación y posteriores estudios revelarán que existen otros en el mismo grupo.

Pero la falta de duplicación no es la única manera de extinguir los pequeños fuegos en algunos o en todos los billones de células del organismo. Hemos visto como cada paso en la oxidación se dirige y expide por una enzima específica. Cuando alguna de esas enzimas —incluso una sola— es destruida o debilitada, se detiene el ciclo de oxidación del interior de la célula. Y esto no cambia cuando es la enzima la afectada. La oxidación progresa en un ciclo igual a la vuelta de una rueda. Si metemos una barra entre los radios de una rueda, ésta se para, no importa dónde hayamos metido el obstáculo. Del mismo modo, si destruimos una enzima que funciona en cualquier punto del ciclo, la oxidación cosa. Y por lo tanto no sigue la producción de energía, con lo que el efecto final es muy similar al cese de la duplicación.

La barra para detener el ciclo de la oxidación puede sustituirse por cualquiera de entre los numerosos productos químicos generalmente usados como plaguicidas. El DDT, el metoxicloro, el malatión, la fenotiacina y varios compuestos de nitrito figuran entre los numerosos plaguicidas que se han descubierto como inhibidores de una o más enzimas que intervienen en el ciclo de oxidación. Así aparecen como agentes capaces de interrumpir o bloquear el total proceso de producción de energía y de privar a las células del oxígeno utilizable. Esta acción tiene las más desastrosas consecuencias de las que sólo unas cuantas pueden ser mencionadas aquí.

Sólo reteniendo sistemáticamente el oxígeno, los experimentadores han cambiado células normales en cancerosas, según veremos en el próximo capítulo. Algunas de las consecuencias funestas de privar de oxígeno a las células de embriones en desarrollo pueden observarse en experimentos animales. Con oxígeno insuficiente quedan destruidos los procesos mediante los cuales los tejidos se despliegan y los órganos se desarrollan. Entonces se presentan deformaciones y otras anormalidades. Es presumible que el embrión humano privado de oxígeno pueda también sufrir deformaciones congénitas.

Hay noticias de que se está produciendo un incremento de tales desgracias, incluso aunque son pocos los que miran lo bastante lejos para descubrir las verdaderas causas. Respecto a uno de los más desagradables fenómenos de todos los tiempos, la Oficina de Estadística Vital inició en 1961 un cuadro de

malformaciones de nacimiento, con el comentario explicatorio de que las estadísticas resultantes proporcionarían detalles sobre los necesarios hechos de las coincidencias entre las malformaciones congénitas y las circunstancias en que se produjeran. Tales estudios irán dirigidos sin duda a medir los efectos de las radiaciones, pero no debe descuidarse que muchos productos químicos son colaboradores de las radiaciones, produciendo precisamente los mismos efectos. Algunos de los defectos y malformaciones de los niños del mañana, horriblemente anticipados por la Oficina de Estadística Vital, estarán causados casi ciertamente por esos productos químicos que permeabilizan nuestro mundo exterior e interior.

Puede suceder muy bien que algunos de los descubrimientos acerca de la disminución en la reproducción demuestren que dicho fenómeno está ligado también con la interferencia en la oxidación biológica y el consiguiente agotamiento de todo el importante almacén de baterías de ATP. El óvulo, incluso antes de la fertilización, necesita ser generosamente abastecido de ATP para estar dispuesto y en espera del enorme esfuerzo, del tremendo gasto de energía que requerirá cuando el espermatozoide le haya penetrado produciendo la fertilización. El que la célula espermática alcance y penetre en el óvulo depende de su propio abastecimiento de ATP, generado en el mitocondrio, densamente apiñado en el cuello de la célula. Una vez se ha realizado la fertilización y ha comenzado la división de la célula, el abastecimiento de energía en forma de ATP determinará ampliamente si el desarrollo del embrión podrá completarse. Los embriólogos, al estudiar uno de los sujetos más adecuados, los huevos de las ranas y de los erizos de mar, han encontrado que si el contenido de ATP está reducido a un nivel inferior al necesario, el huevo se limita a interrumpir sus divisiones y muere pronto.

No es imposible el paso desde los laboratorios de embriología hasta el manzano en el que el nido del petirrojo contiene su carga de huevecillos azul verdosos; pero los huevos están fríos, los fuegos de la vida que brillaron durante unos pocos días se han extinguido ahora. Ni hasta la copa de un alto pino de Florida, donde una gran pila de ramas y palitos en ordenado desorden contiene tres grandes y blancos huevos, fríos y sin vida. ¿Por qué no nacen petirrojos ni aguiluchos? ¿Es que los huevos de los pájaros, como los de las ranas de laboratorio han detenido su desarrollo simplemente porque carecen del suficiente suministro de energía —las moléculas de ATP— para completarlo? ¿Y se ha producido la carencia de ATP porque en el cuerpo de los pájaros padres y en los huevos había insecticida suficiente para detener la pequeña vuelta de las ruedas de la oxidación de que depende el suministro de energía?

Ya no es necesario tratar de adivinar nada relativo al almacenamiento de

insecticidas en los huevos de los pájaros, que se ofrecen como es obvio a esa clase de investigaciones más fácilmente que el óvulo de los mamíferos. Grandes residuos de DDT y otros hidrocarburos se han encontrado por doquier en los huevos de los pájaros sometidos a esos contactos, bien experimentalmente bien en libertad. Y dichas concentraciones eran enormes. Huevos de faisanes analizados en California contenían 349 microns de DDT por gramo. En Michigan, huevos sacados de los ovarios de petirrojos muertos por envenenamiento de DDT, presentaban concentraciones de hasta 200 microns. Otros huevos se recogieron de nidos abandonados, ya que los padres petirrojos habían sido alcanzados por el veneno; y también éstos tenían DDT. Pollos envenenados con dieldrín empleado en una granja de la vecindad han transmitido el producto químico a los huevos; gallinas experimentalmente alimentadas con DDT pusieron huevos que contenían nada menos que 65 microns por gramo.

Sabiendo que el DDT y otros (quizá todos) hidrocarburos perclóricos paralizan el ciclo productor de energía por inactivación de la enzima específica o del mecanismo encargado de dicha producción, resulta doloroso ver cómo algún huevo tan sobrecargado de residuos puede realizar el proceso completo del desarrollo: el infinito número de divisiones de la célula, la elaboración de tejidos y órganos, la síntesis de sustancias vitales que acaban produciendo una criatura viva. Todo esto requiere grandes cantidades de energía: los pequeños manojos de ATP que sólo pueden producir las vueltas de la rueda del metabolismo.

No hay razón para suponer que esos desastrosos acontecimientos se reduzcan a tener como víctimas a los pájaros. El ATP es la fuente universal de energía y los ciclos metabólicos que lo producen giran con el mismo fin en los pájaros que en la bacteria, en el hombre que en la rata. El hecho del almacenamiento de insecticida en las células germinales de todas las especies debe por consiguiente preocuparnos al sugerir comparables efectos en el ser humano.

Existen indicaciones de que esos productos se alojan en tejidos relacionados con la fabricación de células germinales tanto como en las propias células. Se han descubierto acumulaciones de insecticidas en los órganos sexuales de una gran variedad de aves y mamíferos: en faisanes, ratones, cerdos de Guinea, éstos sometidos a condiciones vigiladas; en petirrojos, en un área rociada contra la enfermedad del olmo, y en venados que pastan en los bosques del Oeste, fumigados contra la oruga. En uno de los petirrojos la concentración de DDT en los testículos era más fuerte que en ninguna otra parte del cuerpo. También los faisanes acumularon cantidades extraordinarias del mismo producto en los testículos, hasta 1.500 microns de gramo.

Probablemente y como efecto de tal almacenamiento en los órganos sexuales, se ha observado la atrofia de los testículos en mamíferos de experimentación. Jóvenes ratas expuestas al metoxicloro tenían testículos extraordinariamente pequeños. Cuando se mezcló DDT en el alimento de los gallos, los jóvenes presentaron unos testículos sólo del 18 por ciento de su tamaño normal; celdillas y barbillas, cuyo desarrollo depende de la hormona testicular, tenían sólo la tercera parte del tamaño debido.

Los propios espermatozoides pueden ser afectados fácilmente por la pérdida del ATP. Los experimentos demuestran que la movilidad del esperma del toro es disminuida por el dinitrofenol, que se interfiere en el mecanismo de la duplicación con la consiguiente pérdida de energía. El mismo efecto se encontraría probablemente por parte de otros productos químicos donde se investigara. Algunas indicaciones relativas al posible efecto sobre seres humanos empiezan a aparecer en informes médicos sobre oligospermia, o reducción en la producción de espermatozoides, entre los aviadores que fumigaron con DDT.

Para la humanidad, considerada como un todo, es mucho más valiosa que la vida individual la herencia genética, nuestra unión con el pasado y el futuro. Formados a través de largos eones de evolución, nuestros genes no sólo nos hacen como somos, sino que sostienen los diminutos seres del futuro... sean éstos promesas o amenazas. No obstante, el deterioro genético causado por agentes fabricados por el hombre es la amenaza de nuestro tiempo, «el último y más grande peligro para nuestra civilización».

Otra vez el paralelo entre productos químicos y radiación es exacto e indiscutible.

La célula viva atacada por la radiación sufre una diversidad de daños: su capacidad para dividirse normalmente puede quedar destruida, puede sufrir cambios en la estructura del cromosoma, portadora de los materiales hereditarios puede sufrir esos súbitos cambios conocidos por mutaciones, que la lleva a presentar nuevas características en sucesivas generaciones. Especialmente susceptible, la célula puede ser muerta en el acto o a largo plazo, tras el paso del tiempo medido en años, puede transformarse en maligna.

Todas esas consecuencias de la radiación se han hallado duplicadas en los estudios de laboratorio por la acción de un enorme grupo de productos químicos conocido como radiomiméticos o imitadores de la radiación. Muchos productos conocidos como plaguicidas —tanto herbicidas como insecticidas— pertenecen a ese grupo de sustancias que tienen la particularidad de dañar el cromosoma, de interferirse en la normal división de la célula, o de causar mutaciones. Esos daños al material genético son de tal calibre que pueden enfermar al individuo

expuesto al contacto o hacer sentir sus efectos en generaciones futuras.

Hace sólo unas cuantas décadas nadie conocía ni esos efectos ni la radiación, ni los productos químicos. En aquellos días el átomo no había sido liberado y pocos de los productos químicos que podían duplicar la radiación habían sido imaginados en los tubos de ensayo de los químicos. En 1927, un profesor de zoología de la Universidad de Texas, el doctor H. J. Muller descubrió que exponiendo un organismo a los rayos X podrían producirse mutaciones en las generaciones sucesivas. Con el descubrimiento de Muller se abrió un vasto y nuevo campo al conocimiento químico y médico. Más tarde, Muller recibió el Premio Nobel de Medicina por el perfeccionamiento de su labor y, en un mundo que pronto alcanzó desgraciada familiaridad con las grises lluvias radiactivas, hasta el profano conoce el potencial resultado de la radiactividad.

Aunque muchísimo menos conocido fue hecho un descubrimiento, compañero de aquél, por Charlotte Auerbach y William Robson en la Universidad de Edimburgo a principios de 1940. Trabajando con gas de mostaza encontraron que esa sustancia química produce anormalidades permanentes en el cromosoma que no pueden distinguirse de las causadas por la radiactividad. Probado en la mosca de la fruta, el mismo organismo que Muller utilizó en su anterior trabajo con los rayos X, el gas de mostaza también produce mutaciones. Así se descubrió la primera sustancia química con tales características.

El gas de mostaza como transformador se ha unido ahora a una larga lista de otros productos conocidos por alterar las propiedades genéticas en plantas y animales. Para comprender cómo esos productos pueden alterar el curso de la herencia, debemos fijarnos primero en el drama básico de la vida, tal como se desarrolla en el escenario de la célula viva.

Las células que componen los tejidos y órganos del cuerpo deben tener la capacidad de aumentar en número si el cuerpo está creciendo y si la corriente vital ha de seguir fluyendo de generación en generación. Esto se realiza por el proceso de la mitosis, o división nuclear. En una célula que está a punto de dividirse, se producen cambios de la máxima importancia. Primero, dentro del núcleo, los cromosomas se mueven y dividen misteriosamente alineándose en moldes antiquísimos que sirven para distribuir los determinantes de la herencia, del genes, en las células hijas. Primero adoptan la forma de hebras alargadas en las que los genes se alinean como cuentas en una sarta. Después, cada cromosoma se divide longitudinalmente (los genes también se dividen). Cuando la célula se parte en dos, cada mitad va a parar a cada una de las células hijas. De esta manera, cada célula contendrá un juego completo de cromosomas y toda la formación genética estará incluida dentro de ellos. De esta manera se preserva la

integridad de la raza y de la especie; de esta manera la procreación se copia.

Una clase especial de división celular se produce en la formación de células germinales. Como el número de cromosomas es el mismo para determinada especie, el óvulo y el esperma que han de unirse para formar un nuevo individuo, deben llevar a su unión sólo la mitad cada uno. Esto se realiza con extraordinaria precisión por un cambio en el proceder de los cromosomas que existen en una de las divisiones que producen esas células. Al mismo tiempo el cromosoma no se divide, sino que uno completo de cada pareja penetra en cada célula hija.

En este drama elemental toda la vida se revela como un bloque. Los acontecimientos del proceso de la división de la célula son generales en toda la vida de la tierra; ni el hombre ni la amiba, ni la gigante sequoia ni la simple célula de la fermentación pueden seguir existiendo sin llevar adelante ese proceso de la división de la célula. Cualquier cosa, pues, que perturbe la mitosis es una grave amenaza para la conformación del organismo afectado y su descendencia.

«La edad más antigua de la organización celular, incluyendo como ejemplo la mitosis, debe sobrepasar en mucho los 500 millones de años... está más cerca de los 1.000 millones», escribió George Gaylor Simpson y sus colegas Pittendrigh y Tiffany en su amplísimo y profundo libro titulado «Vida». «En tal sentido el mundo de la vida, mientras que es seguramente frágil y complejo, es también increíblemente duradero a través del tiempo... más duradero que las montañas. Esta perdurabilidad depende completamente de la casi inverosímil exactitud con que es copiada la forma hereditaria de generación a generación.»

Pero en todo ese millón de años entrevisto por los mencionados autores ninguna amenaza se ha levantado tan directa y fuertemente contra esa «inverosímil exactitud» como la radiactividad fabricada por el hombre en la mitad del siglo xx y los productos químicos, fabricados y distribuidos también por el hombre. Sir Macfarlane Burnet, distinguido físico australiano y/ganador del Premio Nobel, considera «uno de los rasgos más significativos en la medicina de nuestro tiempo que un subproducto de la terapéutica más y más poderoso y la producción de sustancias fuera de las experiencias biológicas y de las protectoras barreras normales que preservan a los agentes mutagénicos de los órganos internos hayan penetrado en ellas cada vez con mayor frecuencia.»

El estudio de los cromosomas humanos está en la infancia y por consiguiente sólo desde hace poco tiempo ha sido posible el estudio de los factores ambientales que influyen en ellos. Hasta 1956 no se descubrieron nuevas técnicas que posibilitaron el determinar con precisión el número de cromosomas de la célula humana —46— y el observarlos con tanto detalle que la presencia o la ausencia de la totalidad o partes de esos cromosomas fueran

señaladas. La percepción total de los daños genéticos causados por algo perteneciente al medio ambiente es también relativamente nueva y es poco comprendida excepto por los especialistas, cuyo consejo es poco buscado. El peligro de las radiaciones en sus diversas formas es comprendido ahora bastante bien... aunque todavía se niegue en lugares sorprendentes. El doctor Muller ha tenido ocasión con frecuencia de deplorar «la resistencia a aceptar los principios genéticos por parte de tantas personas, no sólo funcionarios gubernamentales destacados en puestos políticos, sino también pertenecientes a la profesión médica». El hecho de que los productos químicos puedan desempeñar un papel similar al de la radiactividad ha tenido escaso arraigo en la mentalidad del público y de la mayoría de los que trabajan en labores científicas o médicas. Por esta razón, el papel de los productos químicos en uso corriente (más que en experimentos de laboratorio) no ha podido aún determinarse. Y es muy importante que se haga.

Sir Macfarlane no está solo en estimar el peligro potencial de esas sustancias. El doctor Peter Alexander, otra eminente autoridad británica, ha dicho que los productos químicos radio-miméticos «pueden muy bien representar mayor daño que la radiactividad». El doctor Muller, con la experiencia obtenida en décadas de distinguida labor en la genética, advierte que varios productos químicos (incluyendo grupos de plaguicidas) «pueden interrumpir las frecuencias de mutación tanto como las radiaciones... Aunque todavía se conoce muy poco de la extensión en que nuestros genes están siendo supeditados a tales influencias bajo los modernos contactos con productos poco corrientes».

La amplia indiferencia respecto al problema de las mutaciones genéticas quizá sea debida al hecho de que los que las descubrieron estaban guiados por interés científico tan sólo. La mostaza nitrogenada no se pulveriza, al fin y al cabo, desde el aire; su uso está en manos de biólogos o de médicos que la usan en la terapia del cáncer. (Hace poco se informó de un caso de daños cromosómicos en un paciente sometido a esa terapia.) Pero los insecticidas y matamalezas *sí* se han puesto en contacto directo con grandes cantidades de gente.

A pesar de la escasa atención que se ha prestado al asunto, es posible reunir información específica sobre cierto número de esos plaguicidas que demuestran que alteran el proceso vital de las células en formas que van desde una ligera perturbación en el cromosoma hasta la mutación del gene, con consecuencias que llegan hasta el último grado de malignidad.

Los mosquitos expuestos al DDT durante varias generaciones se convierten en extrañas criaturas llamadas ginandromorfas: parte de macho y parte de

hembra.

Las plantas tratadas con varios fenoles sufren profundas destrucciones de cromosomas, cambios en genes y un sobrecogedor numero de mutaciones o «cambios hereditarios irreversibles», lisas mutaciones también se producen en las moscas de la fruta, clásicos sujetos de experimentos genéticos, cuando se someten al fenol; dichas moscas presentan mutaciones tan perturbadoras que puede serles fatal el contacto con alguno de los herbicidas corrientes o con el uretano. El uretano pertenece al grupo de productos llamados carbamidas, de los que se extrae un creciente número de insecticidas y otros productos químicos para la agricultura. Dos de los carbamidas se usan actualmente para impedir la germinación de las patatas almacenadas, precisamente por sus probados efectos en detener la división celular. Uno de ellos, el maleico hidracida, tiene capacidad de acción en la mutación.

Las plantas tratadas con benzeno hexaclórico (BHC) o lindane se deforman monstruosamente con tumefacciones en las raíces. Las células crecen en tamaño y se hinchan con cromosomas que les doblan en número. El desdoblamiento continúa en otras subdivisiones hasta que se hacen mecánicamente imposibles nuevas divisiones celulares.

El herbicida 2,4-D ha producido también tumores en las plantas. El cromosoma se achica, se espesa, se pegan unos a otros. La división celular se retrasa enormemente. Los efectos generales, según se dice, son muy semejantes a los producidos por los rayos X.

Estas no son sino unas cuantas citas, pero pueden presentarse muchas más. Aunque todavía no se han hecho detenidos estudios encaminados a probar los efectos mutagénicos de plaguicidas como los citados. Los hechos expuestos no son más que subproductos de investigaciones en la fisiología de las células o genética. Lo que se necesita urgentemente es que se ataque directamente al problema.

Algunos científicos están dispuestos a convenir en los potentes efectos de la radiación en el medio ambiente del hombre, sin importarles si los productos químicos pueden, prácticamente, causar los mismos efectos. Citan aquéllos el gran poder de penetración de las radiaciones, pero dudan de que dichos productos puedan alcanzar las células germinales. Una vez más tropezamos con el hecho de que ha habido pocas investigaciones directas acerca del problema respecto al hombre. Sin embargo, el hallazgo de grandes residuos de DDT en las apófisis y en las células germinales de aves y mamíferos es fuerte evidencia de que los hidrocarburos perdóneos, cuando menos, no sólo se distribuyen por todo el cuerpo, sino que entran en contacto con los elementos genéticos. El Profesor David E. Davis de la Universidad del Estado de Pennsylvania ha descubierto

recientemente que un potente producto químico que impide la división de las células y ha tenido uso limitado en la terapéutica del cáncer, puede emplearse también para esterilizar a los pájaros. Dosis sub letales del producto detienen la división de las células de las apófisis espinales. El Profesor Davis ha tenido aciertos y éxitos en los experimentos. Es obvio, pues, que queda poca base para la esperanza o la suposición de que las apófisis de cualquier organismo puedan protegerse contra los productos químicos del medio ambiente.

Hallazgos recientes en el campo de las anormalidades del cromosoma son de extremo interés y significación. En 1959 varios grupos de investigadores ingleses y franceses encontraron que sus estudios, efectuados con absoluta independencia, apuntaban a una conclusión común: que algunas de las enfermedades de la humanidad están ocasionadas por una alteración del número normal de cromosomas. En ciertas enfermedades y anormalidades estudiadas por dichos investigadores, el número difería del normal. Para aclarar: se sabe ahora que todos los mogoloides típicos tienen un cromosoma de más. Ocasionalmente éste va unido a otro, de modo que el número de cromosomas permanece normal: 46. Como regla general: el extra, es un cromosoma separado que hace el número 47. En tales individuos el origen de esto debe partir de la generación precedente a su nacimiento.

Un mecanismo distinto parece haberse producido en cierto número de pacientes de América y Gran Bretaña, que sufrían de una forma crónica de leucemia. Se ha descubierto que tenían una anormalidad del cromosoma en alguna de las células de la sangre. La anormalidad consistía en la pérdida de parte de un cromosoma. En esos pacientes las células epidérmicas tienen un complemento normal de cromosomas. Eso indica que el defecto no se produjo en las células germinales que dieron vida a aquellos individuos (en ese caso los precursores de las células sanguíneas) sino que representan daño en las células particulares. La pérdida de parto de un cromosoma ha privado quizá a esas células de «instrucciones» para una conducta normal.

La lista de defectos ligados a las perturbaciones del cromosoma ha crecido con sorprendente celeridad desde que se abrió ese camino, hasta ahora más allá de los límites de la investigación médica. Una de estas investigaciones, conocida como síndrome de Klinefelter, envuelve una duplicación de uno de los cromosomas sexuales. El individuo resultante es macho, pero como lleva dos de los cromosomas X (convirtiéndose en XXY en vez de XY, el complemento normal del macho) es un tanto anormal. Presenta estatura excesiva y deficiencias mentales acompañadas con frecuencia por la esterilidad causada por su situación. En contraste, un individuo que recibe sólo un cromosoma sexual (convirtiéndose en XO en vez de XX o de XY) es en realidad hembra, pero

carece de muchas de las características sexuales secundarias. La condición va acompañada de varios defectos físicos (y a veces mentales) porque, desde luego, el cromosoma X lleva genes para una diversidad de características. Este es conocido como síndrome de Turner. Ambas anormalidades han sido descritas en la literatura médica mucho antes de que la causa fuera conocida.

En muchas ciudades se ha hecho una inmensa cantidad de trabajo sobre el tema de los cromosomas. Un grupo de la Universidad de Wisconsin encabezado por el Dr. Klaus Patau, ha concentrado su tarea en una variedad de anormalidades congénitas que incluyen generalmente el retraso mental que, según parece, resulta de la duplicación de una parte sólo del cromosoma, como si algo, en la formación de una de las células germinales del cromosoma se hubiera roto y los pedazos no se hubiesen distribuido de un modo adecuado. Tal accidente se interfiere en el desarrollo normal del embrión.

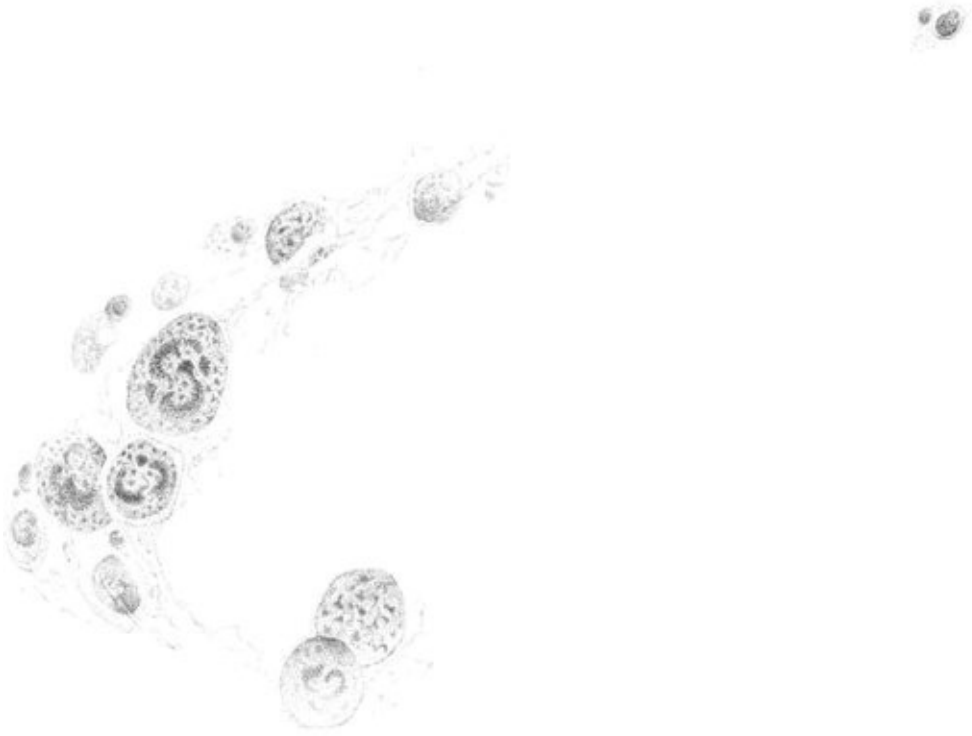
Según los actuales conocimientos, la presencia de un cromosoma completo extra es generalmente letal e impide la supervivencia del embrión. Sólo se conocen tres casos así que pueden ser viables; uno de ellos, desde luego, es el mogolismo. La presencia de un fragmento añadido, aunque gravemente perjudicial no es, por otra parte, mortal de necesidad y, según los investigadores de Wisconsin, este caso puede muy bien estar relacionado con una parte importante de hechos, hasta ahora inexplicables, en los que nace un niño con múltiples defectos, incluyendo a veces el retraso mental.

Éste es un campo de estudios tan nuevo que todavía los científicos están más preocupados por identificar las anormalidades del cromosoma relacionadas con esa enfermedad y con el desarrollo defectuoso, que por especular acerca de las causas. Sería tonto llegar a la conclusión de que cualquier agente único es responsable del detrimento de los cromosomas o de su errónea conducta durante la división de las células. Pero ¿podemos hacer como que ignoramos el hecho de que estamos llenando el ambiente de productos químicos que tienen el poder de atacar directamente los cromosomas afectándolos del modo preciso para que puedan presentar tales anormalidades? ¿No resulta un precio demasiado alto por conseguir patatas sin gérmenes o unos claustros sin mosquitos?

Sin embargo, podemos, si queremos, reducir esta amenaza contra nuestra herencia genética, una propiedad que ha llegado hasta nosotros a través de unos dos mil millones de años de evolución y selección del protoplasma vivo, una propiedad que es nuestra sólo por lo pronto, hasta que se la pasemos a las generaciones por venir. Ahora estamos haciendo muy poco por preservar su integridad. Aunque los fabricantes de sustancias químicas están obligados por la ley a comprobar la toxicidad de sus productos, no lo están a hacer experimentos que puedan demostrar que dichos productos son inofensivos a los efectos

genéticos. Y ellos no los hacen.

14. Uno de cada cuatro



La batalla de las cosas vivas contra el cáncer empezó hace tanto tiempo que su origen se pierde en la distancia. Pero debió iniciarse en un medio ambiente natural, en el que cualquier cosa viva que habitara la tierra, estaría sujeta, para bien o para mal, a influencias que tuvieran origen en el sol y en la tempestad y en la antigua sustancia de la tierra. Algunos de los elementos de este medio ambiente, crearon peligros a los que la vida tenía que adaptarse o perecer. La radiación ultravioleta de la luz solar pudo causar daños. Y lo mismo las radiaciones de ciertas rocas, o el arsénico desprendido del mantillo o del peñasco para contaminar alimentos o agua.

El medio ambiente contenía esos elementos hostiles, incluso antes de que hubiera vida; y sin embargo la vida surgió y por encima de millones de años nos llega para multiplicarse infinitamente en número y formas. Sobre los eones de un tiempo sin prisa, que es el de la naturaleza, la vida alcanza tal ajuste con las fuerzas destructoras, que la selección barre los seres menos adaptables y sólo sobreviven los más resistentes. Aquellos agentes naturales causantes del cáncer son todavía un factor en el mismo sentido; sin embargo, son pocos en número y

pertenecen a ese antiguo grupo de cosas a las que la vida se adaptó desde el comienzo.

Con el advenimiento del hombre, la situación empezó a cambiar, porque este ser, único entre todas las formas de vida, puede *crear* sustancias productoras del cáncer, las que en terminología médica se llaman carcinógenas. Una parte de estas sustancias fabricadas por el hombre han formado parte del medio ambiente durante centurias. Un ejemplo es el hollín, que contiene hidrocarburos aromáticos. Con la aparición de la era industrial, el mundo se convirtió en un lugar de continuos cambios siempre acelerados. El medio ambiente natural fue sustituido rápidamente por un compuesto artifical de nuevos agentes químicos y físicos, muchos de los cuales están en posesión de capacidad poderosa para producir cambios biológicos. Contra esos carcinógenos que han creado sus propias actividades, el hombre no tiene protección, pues lo mismo que su herencia biológica ha evolucionado lentamente, él se adapta lentamente también a las nuevas condiciones de vida.

Y como consecuencia, esas poderosas sustancias pueden penetrar fácilmente a través de las inadecuadas defensas de su cuerpo.

La historia del cáncer es larga, pero nuestro conocimiento de los agentes que lo producen ha madurado despacio. La primera noción de que lo externo, o los agentes del medio ambiente podían producir cambios malignos, surgió en la mente de un médico de Londres, hace cerca de dos siglos. En 1775 Sir Percival Pott declaró que el cáncer de escroto, tan corriente entre los deshollinadores, debía estar causado por el hollín acumulado en su cuerpo. No pudo suministrar la «prueba» que hoy pediríamos, pero los modernos métodos de investigación han aislado la sustancia química mortal que se aloja en el hollín y se ha probado la exactitud de su observación.

Durante un siglo o más después del descubrimiento de Pott, parece que ha habido pocas demostraciones de que ciertos productos químicos del medio ambiente humano pudieran causar cáncer por repetidos contactos en la piel, por inhalaciones o por ingestión. Aunque la verdad es que se había observado que el cáncer de piel era frecuente entre los trabajadores expuestos a vapores de arsénico en las fundiciones de estaño y de cobre de Cornualles y Gales. Y también se probó que los trabajadores de las minas de cobalto en Sajonia y de uranio en Joachimsthal, Bohemia, eran víctimas de una enfermedad de los pulmones que luego se identificó como cáncer. Pero ésos eran fenómenos de la era preindustrial, antes del florecimiento de las industrias cuyos productos iban a invadir el ambiente de casi todos los seres vivos.

Las primeras demostraciones de enfermedades malignas atribuibles a la época industrial aparecieron durante el último cuarto del siglo xix. Poco más o

menos por el tiempo en que Pasteur demostraba el origen microbiano de muchas enfermedades infecciosas, otros descubrían el origen químico del cáncer: carcinomas de piel entre los trabajadores de la nueva industria de lignito de Sajonia y de pizarra en Escocia, al mismo tiempo que otros causados por el contacto profesional con brea y alquitrán. Hacia fines del siglo xix, media docena de causas del carcinoma industrial eran conocidas; el siglo xx iba a crear incontables productos químicos causantes de la misma enfermedad y a llevar a la población en general a entrar en íntimo contacto con ellos. En menos de los dos siglos que separan de nosotros el estudio de Pott, la situación ambiental ha sido ampliamente variada. Ya no hay tan sólo contactos profesionales con productos químicos peligrosos; éstos han penetrado en la intimidad de todo el mundo... hasta de las criaturas por nacer. Naturalmente, es poco sorprendente que nos enteremos ahora de un aumento alarmante de las enfermedades malignas.

El aumento mismo no es producto de impresiones subjetivas. El informe mensual de la Oficina de Estadísticas vitales para julio de 1959 establece que, incluyendo los de tejidos linfáticos y de la sangre, alcanzaban el 15 por ciento de muertes en 1958, cuando en 1900 fueron sólo el 4 por ciento. Juzgando por esto, la Sociedad Americana del Cáncer estima que unos 45.000.000 de norteamericanos viven ahora eventualmente con un cáncer en desarrollo. Ello significa que la enfermedad maligna atacará a dos de cada tres familias.

La situación con respecto a los niños es incluso más perturbadora. Hace un cuarto de siglo, el cáncer en la infancia era considerado como una rareza. *Hoy, mueren de cáncer más escolares norteamericanos que de ninguna otra enfermedad*. Tan seria está la situación que Boston ha establecido el primer hospital de Estados Unidos dedicado exclusivamente al tratamiento de niños con cáncer. Gran número de tumores malignos se han descubierto clínicamente en niños menores de cinco años, pero hay un hecho todavía más lamentable, y es que buena cantidad de ellos estaban ya formados al nacer o antes del nacimiento del niño. El Dr. W. C. Hueper, del Instituto Nacional del Cáncer, una descollante autoridad en el cáncer ambiental, ha sugerido que el cáncer congénito y el cáncer adquirido por los niños puede estar relacionado con la acción de los agentes productores del cáncer a los que la madre ha estado expuesta durante el embarazo y que atravesaron la placenta para actuar en los tejidos fetales de rápido desarrollo. Los experimentos han demostrado que cuanto más joven es el animal está más sujeto a los agentes productores del cáncer. El Dr. Francis Ray, de la Universidad de Florida, ha advertido que «podemos estar iniciando el cáncer en los niños de hoy por la adición de productos químicos (en el alimento)... No podremos saber, quizá hasta dentro de una o dos generaciones, cuáles serán los efectos.»

El problema que nos preocupa aquí es si alguno de los productos químicos que estamos usando en nuestros intentos por dominar la naturaleza, tiene un papel directo o indirecto en las causas del cáncer. Por la evidencia conseguida con los experimentos animales podemos ver que cinco, o quizás seis de los plaguicidas, deben ser clasificados como carcinógenos. La lista puede prolongarse notablemente si añadimos los considerados por *algunos médicos como causantes* de leucemia en el ser humano. Aquí la evidencia es circunstancial, y así debe ser, puesto que no se hacen experimentos con personas, pero no deja de ser impresionante. Y aún pueden adicionarse otros plaguicidas si incluimos aquéllos cuya acción sobre los tejidos vivos o células puede ser considerada como causa indirecta de enfermedades malignas.

Uno de los últimos plaguicidas asociado con el cáncer es el arsénico, presente en el arseniato de sodio como herbicida, y en el arseniato de calcio, así como en varios otros compuestos insecticidas. La asociación entre el arsénico y el cáncer en el hombre y en los animales es histórica. Un ejemplo sobrecogedor de las consecuencias del contacto con el arsénico está relatado por el doctor Hueper en su «Tumores Profesionales», una monografía clásica al respecto. La ciudad de Reichenstein en Silesia ha sido, lo menos durante mil años, un centro minero para extracción de oro y plata, y durante varias centurias para extracción de mineral de arsénico. Los desperdicios de arsénico acumulados por espacio de siglos en la vecindad de los pozos, iban siendo recogidos por los ríos que bajaban de las montañas. También el agua del contorno quedó contaminada y el arsénico penetró en el agua para beber. Durante centurias, muchos de los habitantes de aquella región sufrieron de lo que acabó llamándose «la enfermedad de Reichenstein»... arsenicismo crónico, acompañado de desórdenes del hígado, de la piel y de los sistemas nervioso y gastrointestinal. Tumores malignos eran los usuales acompañantes del mal. La enfermedad de Reichenstein es ahora de interés únicamente histórico, porque nuevos abastecimientos de agua fueron instalados hace un cuarto de siglo, de los que el arsénico había sido ampliamente eliminado. En Córdoba, provincia de Argentina, el envenenamiento crónico por arsénico, unido al cáncer arsenical de la piel, es endémico, a causa de la contaminación del agua de beber derivada de rocas que contienen formaciones de arsénico.

No sería difícil crear situaciones parecidas a las de Reichenstein y Córdoba por el uso continuo y prolongado de insecticidas arsenicales. En Estados Unidos, las tierras empapadas de arsénico de las plantaciones de tabaco, de muchos huertos del Noroeste y de cafetales en el Este, podrían fácilmente producir la polución de los depósitos de agua.

Un medio ambiente contaminado de arsénico, afecta no sólo al hombre, sino también a los animales. Un informe de gran interés llegó de Alemania en 1936. En el área de Preiberg, Sajonia, los hornos de fundir plata y plomo lanzaban humaredas de arsénico, que el aire repartía por los alrededores y luego dejaba caer sobre la vegetación. Según el Dr. Hueper, caballos, vacas, cabras y cerdos que, desde luego comían de esa vegetación, presentaban pérdida del pelo y adelgazamiento de la piel. Los ciervos que habitaban los bosques próximos a veces tenían manchas de anormales pigmentos y verrugas precancerosas. Uno tuvo una lesión declaradamente cancerosa. Tanto animales domésticos como silvestres estaban afectados por «enteritis arsenicales, úlceras gástricas y cirrosis hepáticas». Las ovejas que permanecían cerca de los hornos desarrollaron cáncer en los senos nasales; cuando murieron se les encontró arsénico en el cerebro, y tumores en el hígado. En aquella extensión de terreno hubo también «extraordinaria mortandad de insectos, especialmente de abejas». Después de lluvias que arrastraron el barro arsenical de las hojas y lo llevaron hasta el agua de estanques y albercas, murió enorme cantidad de pescado.

Un ejemplo de un carcinógeno perteneciente al grupo de los nuevos plaguicidas orgánicos, es un producto ampliamente usado contra gorgojos y garrapatas. Su historia proporciona abundantes pruebas de que, a pesar de las supuestas medidas de seguridad aprobadas por la legislación, el público puede estar expuesto a contactos con un carcinógeno reconocido durante varios años antes de que el lento procedimiento legal pueda poner coto a la situación. La historia es interesante desde otro punto de vista, ya que prueba que lo que al público se le pide que acepte como «inofensivo» hoy, puede convertirse mañana en extremadamente peligroso.

Cuando este producto fue introducido en 1955, el fabricante solicitó una tolerancia que podría consistir en la presencia de pequeños residuos en cualquier cosecha que fuera pulverizada. Según mandaba la ley, había probado el producto en animales de laboratorio y presentó los resultados de su aplicación. No obstante, los científicos de la Administración de Alimentos y Drogas interpretaron las pruebas como demostrativas de una posible tendencia a producir cáncer, y los comisionados recomendaron unánimemente «tolerancia cero», que es una manera de decir que no podían legalmente admitirse residuos en los alimentos enviados por las vías de comunicación entre Estados. Pero el fabricante tenía derecho a apelar, y el caso fue revisado por un comité. La decisión de este comité fue una componenda: quedó establecida una tolerancia de 1 micrón de gramo y el producto aprobado por dos años, tiempo durante el cual posteriores ensayos de laboratorio determinarían si aquella sustancia era realmente carcinógena.

Aunque el comité no lo dijo, su decisión significaba que el público iba a hacer de conejo de Indias, probando el supuesto carcinógeno al mismo tiempo que los perros y las ratas. Pero los animales de laboratorio dieron más pronto resultado, y antes de dos años se demostró que aquel insecticida era realmente un carcinógeno. Pero ni aún así, la Administración de Alimentos y Drogas pudo, en 1957, suprimir instantáneamente la tolerancia de residuos de un declarado carcinógeno que contaminaba los alimentos consumidos por el público. Hizo falta otro año para varios procedimientos legales. Finalmente, en diciembre de 1958 se hizo efectiva la tolerancia cero que la comisión había recomendado en 1955.

Pero ésos no son, en modo alguno, los únicos carcinógenos entre los plaguicidas. En pruebas de laboratorio efectuadas sobre animales, el DDT ha producido tumores sospechosos en el hígado. Los científicos de la Administración de Alimentos y Drogas que informaron del descubrimiento de esos tumores, estaban dudosos respecto a la clasificación que debían darles, pero intuían que había alguna «justificación en considerarlos como carcinomas de grado inferior de las células hepáticas». El Dr. Hueper ha inscrito ahora el DDT en la definitiva clasificación de «carcinógeno químico».

Dos herbicidas pertenecientes al grupo de carbamidas IPC y CIPC, han sido descubiertos como colaboradores en la producción de tumores cutáneos en los ratones. Algunos de esos tumores eran malignos. Los mencionados productos parecen iniciar la evolución maligna, evolución que puede completarse por medio de otros tipos de sustancias que prevalecen en el ambiente.

El herbicida de aminotriazol ha causado cáncer de tiroides en animales de ensayo. Este producto fue mal empleado por cierto número de cultivadores de arándanos en 1959, y dejó residuos en algunas de esas frutas enviadas al mercado. En la controversia que siguió al hallazgo de arándanos contaminados por la Administración de Alimentos y Drogas, el hecho de que aquella sustancia fuera verdaderamente un productor de cáncer fue ampliamente negado, incluso por muchos médicos. Las pruebas científicas dadas a la publicidad por la Administración de Alimentos y Drogas indicaron con toda claridad la naturaleza carcinógena del aminotriazol sobre ratas de laboratorio. Cuando esos animales engullían dicho producto en la proporción de 100 micrones por gramo en el agua (o una cucharada de té del producto en diez cucharadas iguales de agua) empezaron a presentar tumores tiroideos a la semana número 68. Después de dos años, padecían dichos tumores más de la mitad de las ratas examinadas. Fueron diagnosticados como de diversos tipos: malignos y benignos. Los tumores aparecían también con menos cantidad de producto. De hecho, *la cantidad que no producía efecto no se encontraba*. Nadie sabe, desde luego, a qué nivel puede

el aminotriazol ser carcinógeno para el hombre, pero como ha dicho el profesor de Medicina de la Universidad de Harvard, el Dr. David Kutstein, cualquier nivel parece ser más bien desfavorable que ventajoso para el hombre.

El tiempo transcurrido es insuficiente para revelar los efectos completos de los nuevos insecticidas de hidrocarburos perclóricos y de los modernos herbicidas. La mayor parte de las enfermedades malignas se desarrollan con tanta lentitud que pueden requerir una parte considerable de la vida de la víctima para alcanzar el punto en que se manifiestan los síntomas clínicos. A principios del año 1920, las mujeres que pintaban cifras luminosas en la esfera de los relojes, absorbían cantidades ínfimas de radium porque tocaban con los labios los pinceles; en algunas de esas mujeres se desarrollaron cánceres en los huesos después de un lapso de más de quince años. Se ha demostrado que se requieren de quince a treinta años, o incluso más, para que se presenten ciertos cánceres causados por contactos profesionales con carcinógenos químicos.

En contraste con esos contactos industriales con diversos carcinógenos, los primeros roces con DDT datan aproximadamente de 1942 para el personal militar y de 1945, sobre poco más o menos, para la gente civil, y hasta el comienzo de los años cincuenta no se pusieron en uso una variedad de plaguicidas químicos. La completa madurez de cualquier clase de enfermedades malignas producidas por esos productos está aún por ver.

Hay sin embargo, una excepción ahora conocida, para el largo período de desarrollo, común a la mayoría de los casos malignos. Esta excepción es la leucemia. Los supervivientes de Hiroshima empezaron a presentar leucemia sólo tres años después de la bomba atómica, y ahora hay razones para creer que el período de incubación puede ser bastante más corto. También pueden encontrarse con el tiempo otros tipos de cáncer que tengan un desarrollo relativamente corto, pero hasta ahora, la leucemia parece ser la excepción a la regla general.

Dentro del período que abarcan los plaguicidas modernos, la leucemia ha brotado rápidamente. Cifras avaladas por la Oficina Nacional de Estadística Vital, establecen con claridad una elevación consternadora de enfermedades malignas en los tejidos que forman la sangre. En el año 1960 sólo la leucemia había hecho 12.290 víctimas. Las muertes a causa de toda clase de enfermedades malignas de la sangre y de la linfa, totalizaban 25.400, con las que se aumentaba enormemente la cifra de 16 690 de 1950. La proporción de muertes por cada 100.000 individuos crece del 11.1 en 1950, a 14.1 en 3960. Este aumento no se reduce, en modo alguno, a Estados Unidos; en todas las naciones, los fallecimientos por leucemia registrados en todas las edades van incrementándose a una proporción de 4 a 5 por ciento al año. ¿Qué significa esto? ¿A qué agente o

agentes letales, nuevos en nuestro medio ambiente, está expuesta la gente ahora con frecuencia creciente?

Instituciones mundialmente famosas como la Clínica Mayo, internan centenares de víctimas de esas enfermedades en los órganos de formación de la sangre. El Dr. Malcolm Hargraves y sus colaboradores del Departamento de Hematología de la Clínica Mayo comunican que casi sin excepción, esos pacientes han tenido un historial de contactos con varios productos químicos tóxicos, incluyendo pulverizaciones que contenían DDT, perclóricos, benzenos, lindane y destilaciones de petróleo.

Las enfermedades ambientales relacionadas con el uso de varias sustancias tóxicas, han ido aumentando «particularmente durante los últimos diez años», cree el Dr. Hargraves. Por una extensa experiencia clínica, este doctor estima que «la gran mayoría de los pacientes que sufren discrasias en la sangre y enfermedades linfáticas tienen un significativo historial de contactos con los diferentes hidrocarburos que incluyen, respectivamente, la mayoría de los plaguicidas actuales. Un historial médico cuidadoso, establecerá, casi invariablemente, tal relación». Éste especialista ha reunido una gran cantidad de casos detallados, basados en cada paciente que él ha visto con leucemias, anemias aplasmáticas, enfermedad de Hodgkin y otros desórdenes de la sangre y de los tejidos que la forman. «Todos ellos han estado expuestos a esos agentes ambientales, con abundantes contactos», ha informado.

¿Qué demuestran esos casos? Conozco otro relativo a un ama de casa que aborrecía las arañas. A mediados de agosto se había bajado al sótano de su casa con un fumigador que contenía DDT y petróleo destilado. Pulverizó concienzudamente todo el sótano, bajo los escalones, las alacenas de la fruta y por todos los rincones resguardados, el techo y las vigas. Cuando terminó la rociada empezó a sentirse muy mal, con náuseas y extrema angustia y nerviosismo. Transcurridos unos días se puso mejor y sin sospechar la causa de su malestar, repitió lo mismo exactamente en septiembre y aún insistió dos veces más; caía enferma, se reponía temporalmente y volvía a las andadas. Después de la tercera fumigación se le presentaron nuevos síntomas de enfermedad: fiebre, dolores en las coyunturas, malestar general y flebitis aguda en una pierna. Cuando fue examinada por el Dr. Hargraves, se le descubrió leucemia aguda. Murió al mes siguiente.

Otro de los pacientes del Dr. Hargraves era un perito que tenía su despacho en un viejo edificio infestado de cucarachas. Incomodísimo por la presencia de esos insectos, tomó medidas contra ellos por sus propias manos. Pasó más de un domingo pulverizando el sótano y áreas adyacentes. El producto contenía un 25 por ciento de DDT en suspensión en un disolvente que contenía a su vez

naftalina metílica. A poco empezó a presentar edemas y a sangrar. Ingresó en la clínica sangrando por varios lugares. Los análisis de sangre revelaron grave aplastamiento de la médula de los huesos, llamada anemia aplasmática. En los cinco meses y medio siguientes recibió 59 transfusiones de sangre además de otros tratamientos. Hubo una recuperación parcial, pero alrededor de nueve años después se presentó una leucemia fatal.

Cuando median los plaguicidas, los productos que figuran principalmente en los casos expuestos son el DDT, el lindane, el benzeno perclórico, los nitrofenoles, el paradiclorobenzeno, el cloro y, desde luego, los disolventes en que están suspendidos. Como subraya el mencionado doctor, el contacto único con un solo producto es la excepción a la regla. El producto comercial contiene generalmente combinaciones de varias sustancias químicas suspendidas en una destilación de petróleo, más algún agente dispersivo. El aromático, cíclico e impermeable hidrocarburo de los vehículos puede por sí mismo ser un factor mayúsculo en los perjuicios ocasionados sobre los órganos de formación de la sangre. Desde el punto de vista práctico más que médico, esta distinción es de poca importancia, no obstante, porque esos disolventes del petróleo son parte inseparable de la mayoría de los métodos más corrientes de pulverizar.

La literatura médica de éste y de otros países reproduce muchos casos significativos que apoyan la creencia del Dr. Hargraves respecto a la relación causa-efecto entre esos productos y la leucemia y otras alteraciones de la sangre.

Estas afectan a mucha gente a diario, como granjeros cogidos en la rociada de sus propias mangas de riego o lanzadas por los aviones, un colegial que fumigó su despachito contra las hormigas y se quedó a estudiar allí mismo, una mujer que había instalado en su casa un fumigador portátil de lindane, un trabajador en un campo de algodón que había sido rociado con cloro y toxafeno... Medio ocultas por la terminología médica, están registradas tragedias humanas como la de dos primos muy jóvenes que vivían en la misma ciudad de Checoslovaquia y siempre habían jugado y trabajado juntos. Su último y funesto empleo fue en una granja en cooperativa, donde tenían la misión de descargar sacos de un insecticida (benzeno perclórico). Ocho meses después, uno de los muchachos fue atacado de leucemia aguda. A los ocho días había muerto. Por entonces, su primo empezó a sentirse cansado fácilmente y a tener temperatura. Alrededor de tres meses después, los síntomas se habían agravado y fue hospitalizado. De nuevo el diagnóstico fue leucemia aguda y otra vez la enfermedad siguió su curso fatal.

Después está el caso del granjero sueco, que recuerda extrañamente el del pescador japonés Kuboyama que iba en el laúd «Dragón afortunado». Igual que Kuboyama, el granjero había sido un hombre saludable que sacaba de la tierra

para vivir como Kuboyama lo sacaba del mar. A los dos hombres, un veneno caído de los cielos les trajo su sentencia de muerte. Para uno fueron cenizas radiactivas; para el otro polvo químico. El agricultor había tratado 60 acres de terreno con una pulverización que contenía DDT y benzeno perclórico. Mientras trabajaba, unas ráfagas de aire le echaron encima pequeñas nubes de aquel polvillo. «Por la tarde se sintió desusadamente cansado, y durante los días siguientes tuvo sensación de debilidad, con dolor en la espalda y en las piernas, así como escalofríos y se vio obligado a acostarse.» Dice un comunicado de la Clínica Médica de Lund. «Su situación empeoró, sin embargo, y el 19 de mayo (una semana después de haber pulverizado) pidió ser admitido en el hospital local.» Tenía fiebre muy alta y la sedimentación sanguínea era anormal. Fue trasladado a la Clínica Médica donde, después de una enfermedad de dos meses y medio, murió. Un examen *post mortem* reveló consunción completa de la médula de los huesos.

Cómo un proceso normal y necesario, tal como el de la división de las células, puede alterarse de modo que se convierta en extraño y destructor, es un problema que ha atraído la atención de incontables científicos e insospechables cantidades de dinero. ¿Qué le sucede a una célula para que cambie su ordenada multiplicación por la turbulenta e incontrolada proliferación del cáncer?

Cuando se hayan encontrado las respuestas éstas serán, a buen seguro, múltiples. Precisamente el propio cáncer es una enfermedad que presenta diversos aspectos y aparece en varias formas que difieren de la de su origen, tanto en el curso de su desarrollo como en los factores que influyen en su crecimiento o regresión; por consiguiente debe haber la correspondiente diversidad de causas. Sin embargo, la fundamental de todas, quizá, es el daño a la célula. Aquí y allá, en investigaciones ampliamente distribuidas y quizá no todas emprendidas como estudio específico del cáncer, vemos destellos de la luz que quizá un día pueda iluminar este problema.

Otra vez hallamos el hecho de que sólo considerando una de las más pequeñas unidades de la vida: la célula y sus cromosomas, podremos obtener esa amplia visión necesaria para penetrar en el misterio. Aquí, en este microcosmos, debemos buscar esos factores que desvían los mecanismos de maravilloso funcionamiento de la célula, dentro de su invariable patrón.

Una de las teorías más impresionantes sobre el origen del cáncer en las células, ha sido desarrollada por el bioquímico alemán profesor Otto Warburg, del Instituto Max Planck de Fisiología Celular. Warburg ha dedicado su vida al estudio del complejo proceso de oxidación que se realiza dentro de la célula. De ese panorama de amplio conocimiento, surgió una explicación fascinadora y lúcida respecto a la manera cómo una célula normal puede convertirse en

maligna.

Warburg cree que o la radiación o los productos químicos carcinógenos actúan destruyendo la respiración normal de las células al privarlas de energía. Esta acción puede resultar de dosis minúsculas repetidas con frecuencia. El efecto, una vez realizado, es irremediable. Las células que no mueren a consecuencia del impacto de ese veneno respiratorio, luchan para compensar la pérdida de energía. Ya no pueden seguir realizando ese extraordinario y eficiente ciclo mediante el cual se producen grandes cantidades de ATP, sino que retroceden a un primitivo y menos eficiente método, el de la fermentación. La lucha por sobrevivir mediante la fermentación continúa durante un largo período de tiempo, sustituyendo a la«divisiones celulares, de modo que todas las células descendientes tienen ese método anormal de respiración. Una vez ha perdido una célula su respiración normal, no puede recobrarla... ni en un año, ni en una década, ni en varias. Pero poco a poco, en esta confusa lucha por restaurar las perdidas energías, esas células supervivientes empiezan a compensarlas aumentando la fermentación... Es una lucha darwiniana, en la cual sólo las más idóneas o adaptables sobreviven. Por fin alcanzan el punto en que la fermentación es capaz de producir tanta energía como la respiración. En este punto puede decirse que las células cancerógenas han sido formadas de las normales.

La teoría de Warburg explica muchas otras cosas confusas. El largo período latente en la mayoría de los cánceres es el tiempo requerido por el infinito número de divisiones celulares para que la fermentación aumente gradualmente después del inicial ataque a la respiración. El tiempo necesario para que la fermentación se haga dominante, varía en las diferentes especies porque es diferente el porcentaje de fermentación: tarda poco en la rata, en la que el cáncer aparece rápidamente; tarda mucho (incluso décadas) en el hombre, en el que el desarrollo de la enfermedad maligna tiene un proceso deliberado.

La teoría de Warburg explica también por qué repetidas y pequeñas dosis de cualquier carcinógeno son más peligrosas, en ciertas circunstancias, que una sola cantidad grande. Esta última puede matar las células en el acto, mientras que las pequeñas dosis permiten sobrevivir a algunas, aunque dañadas. Estas supervivientes pueden convertirse entonces en células cancerosas. He aquí por qué no hay cantidades «inofensivas» de un carcinógeno.

También encontramos en la teoría de Warburg explicaciones de un hecho incomprensible: el de que el mismo agente pueda ser útil en el tratamiento del cáncer y también causarlo. Esto, como todo el mundo sabe, es auténtico en la radiactividad, que mata las células cancerosas, pero puede producir el cáncer asimismo. También es verdad en muchos de los productos químicos usados

ahora contra el cáncer. ¿Por qué? Ambos tipos de agentes atacan la respiración. Las células cancerosas tienen ya una respiración defectuosa, de modo que con otro ataque adicional, mueren. Las células normales, al sufrir daños en la respiración por primera vez, no mueren, pero quedan en un estado que puede acabar en enfermedad maligna.

Las ideas de Warburg fueron confirmadas en 1953, cuando otros investigadores pudieron convertir células normales en cancerosas, simplemente privándolas de oxígeno intermitentemente a largos plazos. Después, en 1961, vino otra confirmación, esta vez en animales vivos más que en tejidos en cultivo. Sustancias radiactivas fueron inyectadas en ratones cancerosos. A continuación, mediante mediciones cuidadosas de la respiración, se encontró que el nivel de fermentación estaba muy por encima del normal, tal como había previsto Warburg.

Medidos con un patrón establecido por Warburg, la mayoría de los plaguicidas se ajustaban demasiado bien al tipo del perfecto carcinógeno para satisfacer a los investigadores. Como hemos visto en el capítulo precedente, muchos de los hidrocarburos perclóricos, de los fenoles y algunos herbicidas, se interfieren en la oxidación y la producción de energía en el interior de la célula. De ese modo, pueden crear células cancerosas dormidas, células en las que una irreversible malignidad quedará amodorrada, largo tiempo sin descubrir, hasta que finalmente, después de que la causa esté olvidada e incluso desconocida, se convierten en cáncer declarado.

Otro camino para el cáncer puede estar en los cromosomas. Muchos de los investigadores más distinguidos, buscan con ahínco el agente que ataca los cromosomas, que se interfiere en la división de las células o causa mutaciones. En opinión de esos investigadores cualquier mutación es causa potencial del cáncer. Aunque las discusiones sobre mutaciones se refieren por regla general a las células germinales, que pueden en tal caso hacer sentir sus efectos en generaciones futuras, pueden producirse también mutaciones en las células del cuerpo. De acuerdo con la teoría de la mutación como origen del cáncer, una célula, quizá bajo la influencia de radiaciones o de sustancias químicas, desarrolla una transformación que le permite escapar al control que normalmente se dirige a la división celular. Por consiguiente puede multiplicarse de un modo desenfrenado. Las nuevas células resultantes de tales divisiones, tienen la misma capacidad para escapar a la vigilancia, con lo que disponen de tiempo suficiente para acumularse hasta convertirse en cáncer.

Otros investigadores apuntan al hecho de que los cromosomas en el tejido canceroso son inestables; tienden a quebrarse o a dañarse y su número puede ser variable, incluso se admite que tengan dobles juegos.

Los primeros investigadores que siguieron la pista a las anormalidades del cromosoma, hasta la verdadera malignidad, fueron Albert Levan y John J. Biesele, trabajando en el Instituto Sloan-Kettering de Nueva York. Estos investigadores dicen sin titubeos que «las irregularidades cromosómicas preceden a la enfermedad maligna». Quizá, especulan, después del daño inicial y la inestabilidad resultante, se produce un prolongado período de ensayo y error a través de varias generaciones de células (el largo período latente del cáncer) durante el cual se acumula una colección de mutaciones que permiten a las células salirse del control ejercido sobre la multiplicación irregular que es el cáncer.

Ojvind Winge, uno de los primeros que propusieron la teoría de la inestabilidad del cromosoma, tuvo la intuición de que las duplicidades del cromosoma eran especialmente significativas. Así pues, ¿resulta una coincidencia que el benzeno perclórico y su pariente, el lindane, se conozcan, a través de repetidas observaciones, como capaces de duplicar el cromosoma en plantas experimentales y que esos mismos productos hayan sido implicados en casos bien documentados de anemias perniciosas? ¿Y qué decir de otros muchos plaguicidas que se interfieren en la división celular, rompen el cromosoma y causan mutaciones?

Es fácil ver por qué la leucemia debe ser una de las enfermedades más corrientes resultantes de la exposición a radiaciones o a productos químicos que imitan las radiaciones. La meta principal de los agentes físicos o químicos de las mutaciones son las células que sobrellevan la división activa. También incluyen varios tejidos, pero sobre todo, los relacionados con la producción de la sangre. La médula de los huesos es el principal productor de las células rojas de la sangre, y envía unos 10 millones de células nuevas por segundo al torrente sanguíneo del hombre. Se forman glóbulos blancos en las glándulas linfáticas y en algunas de las células medulares en una proporción variable, pero también prodigiosa.

Ciertos productos químicos que también nos recuerdan los productos radiactivos, como el estroncio 90, tienen peculiar afinidad con la médula de los huesos. El benzeno, uno de los productos que constituyen los disolventes insecticidas, se aloja en la médula y queda depositado en ella por espacio de veinte meses. El propio benzeno ha sido reconocido durante varios años, en la literatura médica, como causante de leucemia.

Los tejidos en rápido crecimiento de un niño, presentan asimismo las condiciones más adecuadas para el desarrollo de células malignas. Sir Macfarlane Burnet ha indicado que no sólo la leucemia está aumentando en el mundo, sino que se ha hecho más común en edades que oscilan entre los tres y

los cuatro años, incidencia no manifestada por ninguna otra enfermedad. Según el mencionado científico «la coyuntura entre tres y cuatro años de edad, apenas puede tener otra explicación que la exposición del joven organismo a un estímulo transformador por la época del nacimiento».

Otro causante de transformaciones conocido como productor del cáncer, es el uretano. Cuando ratones preñados han sido tratados con este producto químico, no sólo presentaron cáncer de pulmón, sino también sus crías. El único contacto de esas crías con el uretano durante esos experimentos, fue prenatal, lo que prueba que la sustancia debió pasar a través de la placenta. El ser humano expuesto al uretano o productos químicos similares puede correr el riesgo de que se desarrollen tumores infantiles por medio del contacto prenatal, según ha advertido el doctor Hueper.

El uretano, como carbamida, está emparentado con los herbicidas IPC y CIPC. A pesar de las advertencias de los expertos en cáncer, los carbamidas son ahora ampliamente usados, no sólo como insecticidas, matamalezas y fungicidas, sino también en una variedad de productos, incluidos plásticos, medicinas, ropas y productos aislados.

El camino hacia el cáncer puede ser indirecto también. Una sustancia que no es carcinógena en sentido usual puede perturbar el funcionamiento normal de alguna parte del cuerpo de tal manera, que resulte la enfermedad maligna. Ejemplos importantes son los cánceres —especialmente en el sistema reproductivo— que aparecen relacionados con trastornos del equilibrio de las hormonas sexuales. Esas perturbaciones, a su vez, pueden ser resultado, en algunos casos, de algo que afecte la propiedad del hígado para mantener un nivel adecuado de dichas hormonas. Los hidrocarburos perdóneos son precisamente la clase de agente que puede proporcionar la carcinogénesis indirecta, porque todos son tóxicos en algún grado para el hígado.

Las hormonas sexuales están, desde luego, presentes en el cuerpo y realizan una necesaria función estimuladora en relación con varios órganos de la reproducción. Sin embargo, el cuerpo tiene una reserva de defensas contra las acumulaciones excesivas, porque el hígado actúa para conservar un equilibrio adecuado entre las hormonas masculinas y femeninas (ambas se producen en el cuerpo de los dos sexos, aunque en diferentes proporciones) e impedir una acumulación excesiva de alguna de ellas. Cosa que no puede hacer sin embargo, si ha sido atacado por enfermedades o productos químicos, o en el caso de que haya sido reducido el suministro del complejo vitamínico B. En alguno de esos casos, los estrógenos crecen hasta niveles anormales.

¿Cuáles son las consecuencias? En animales, por lo menos, hay abundantes

pruebas procedentes de experimentos. Durante uno de ellos, un investigador del Instituto Rockefeller para Investigaciones Médicas, encontró que conejos con el hígado dañado por enfermedad, presentaban gran cantidad de tumores uterinos que se habían desarrollado porque el hígado no podía ya inactivar los estrógenos de la sangre, de modo que «subsiguientemente se elevó hasta un nivel carcinógeno». Extensos experimentos en ratones, ratas, conejos de Indias y monos, demostraron que prolongadas administraciones de estrógenos (no necesariamente a elevadas dosis) han causado cambios en los tejidos de los órganos reproductores «variando desde el infarto hasta la declarada malignidad». En los cobayos se han provocado tumores en los riñones mediante la administración de estrógenos.

Aunque la opinión médica está dividida en está cuestión, existe una gran evidencia para sostener el punto de vista de que efectos similares pueden producirse en tejidos humanos. Investigadores del Real Hospital Victoria en la Universidad McGill, encontraron, entre 150 casos, dos terceras partes de cánceres uterinos que, una vez estudiados, dieron la evidencia de niveles de estrógeno anormalmente altos. En el 90 por ciento de una segunda serie de 20 casos se vio que había alta actividad estrogénica similar.

Es posible tener algún daño en el hígado, suficientemente importante para que se interfiera en la eliminación del estrógeno, sin que sea señalado por ningún examen, ahora valioso para la profesión médica. Ese daño puede ser ocasionado fácilmente por los hidrocarburos perclóricos que, como ya hemos visto, provocan cambios en las células hepáticas a muy bajos niveles. También causan pérdidas de vitamina B. Esto es muy importante asimismo, porque otros estudios evidencian el papel protector que ejerce esa vitamina contra el cáncer. El fallecido C. P. Rhoads, que fue director del Instituto Sloan-Kettering para Investigación del Cáncer, encontró que animales de ensayo expuestos a un potente producto carcinógeno, no desarrollaban el cáncer si habían sido alimentados con levadura de cerveza, rica en vitamina B. Ha sido demostrado que la carencia de esa vitamina acompaña al cáncer de la boca y quizá al de otros lugares del aparato digestivo. Esto se ha observado, no sólo en Estados Unidos, sino en lejanas regiones del Norte de Suecia y Finlandia, donde la dieta es, por lo común, deficiente en vitaminas. Hay grupos humanos propensos al cáncer primario del hígado, como por ejemplo las tribus bantúes de África, típicamente sujetas a desnutrición. El cáncer del pecho en el hombre es frecuente también en regiones de África, asociado con enfermedades del hígado y desnutrición. Durante la postguerra fue corriente en Grecia el cáncer del pecho en el hombre, como consecuencia de períodos de inanición.

En resumen: el argumento en que se basan las pruebas de la intervención

indirecta de los plaguicidas en el cáncer, es su probada capacidad para dañar el hígado y reducir el abastecimiento de vitamina B, induciendo así a un aumento de estrógenos «endógenos», o sea, los producidos por el propio organismo. Además de eso, está la amplia variedad de estrógenos sintéticos a los que todos estamos expuestos cada vez más. Ya sea en cosméticos, medicinas y contactos profesionales.

La exposición humana a los productos químicos cancerígenos (incluidos los plaguicidas) está incontrolada y es múltiple. Un individuo puede tener muy diversos contactos con el mismo producto químico. El arsénico es un ejemplo. Este existe en el medio ambiente de cada individuo de variadísimas formas: como contaminador del aire o del agua, como residuo plaguicida en el alimento, en las medicinas, en los cosméticos, en los conservadores de la madera, o como colorante en pinturas y tintas. Es muy posible que ninguno de dichos contactos solo, sea suficiente para precipitar la enfermedad maligna, aunque cualquiera de esas supuestas «dosis inofensivas» puede ser bastante para volcar la escala que ya está sobrecargada con otras «dosis inofensivas».

También puede causarse el daño por dos o más cancerígenos actuando juntos, de forma que se establezca una suma de sus efectos. El individuo expuesto al DDT, por ejemplo, debe estar casi seguro de hallarse expuesto a otros hidrocarburos que atacan el hígado, productos que están ampliamente usados como disolventes, eliminadores de pinturas, desengrasantes, limpiadores en seco y anestésicos. ¿Cuál puede ser entonces una «dosis inofensiva» de DDT?

La situación se ha hecho todavía más complicada ante la posibilidad de que un producto actúe sobre otro para alterar sus efectos. El cáncer puede necesitar a veces la acción complementaria de dos sustancias químicas, una de las cuales sensibiliza la célula o el tejido de manera que quede a merced de la acción de otra que desarrolle la verdadera enfermedad. Así pues, los herbicidas IPC y CIPC pueden actuar como iniciadores de tumores en la piel, echando las raíces de la enfermedad maligna que puede convertirse en realidad mediante cualquier otra cosa: quizá un detergente común.

También puede haber inter-acción entre un agente físico y otro químico. Cabría en lo posible que la leucemia se presentase como un proceso de dos fases, habiendo sido iniciado el cambio maligno por radiaciones X y el segundo paso por medio de un producto químico, como por ejemplo el uretano. La creciente exposición de la gente a radiaciones de varios orígenes, más los diversos contactos con un ejército de productos químicos, plantea un nuevo y grave problema al mundo moderno.

La contaminación de las aguas con materias radiactivas representa otro problema. Talos materias, presentes como contaminadoras en aguas que ya

tengan productos químicos también, pueden autentica monte cambiar la naturaleza de los productos a causa del impacto de las radiaciones ionizadoras, reagrupando sus átomos de formas imprevisibles para crear nuevas estructuras.

Expertos en contaminaciones de agua por todo el territorio de Estados Unidos, están preocupados por el hecho de que los detergentes se hayan convertido ahora en contaminadores prácticamente universales de los abastecimientos públicos de agua. No es práctico quitarlos mediante ningún tratamiento. Pocos detergentes se conocen como cancerígenos, pero de un modo indirecto pueden producirlo, actuando en el aparato digestivo, transformando los tejidos de forma que puedan absorber más fácilmente las sustancias químicas peligrosas y también agravando sus efectos. Pero ¿quién puede prever y controlar esta acción? En el caleidoscopio de las transformaciones, ¿qué dosis de cancerígeno puede ser «inofensiva» sino la cero?

Nosotros toleramos a los agentes causantes del cáncer en el medio ambiente, a nuestro propio riesgo, como se demuestra claramente en un caso reciente. En la primavera de 1961 una epidemia de cáncer al hígado apareció en las truchas de arco iris de muchos viveros Federales, del Estado y particulares. Las truchas fueron afectadas tanto en el Este como en el Oeste de Estados Unidos; en algunos territorios, prácticamente el 100 por ciento de las truchas de tres años poco más o menos presentaron cáncer. El descubrimiento se hizo por un acuerdo ya existente entre la Sección del Cáncer del medio ambiente del Instituto Nacional del Cáncer y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre para la información sobre todos los peces con tumores, a fin de que pudiera avisarse pronto del peligro del cáncer para el hombre a causa de aguas contaminadas.

Aunque los estudios para determinar exactamente la causa de esta epidemia sobre un área tan extensa, están todavía realizándose, la evidencia más aproximada apunta, según se dice, a algún agente extraño en los alimentos preparados para los viveros. Estos alimentos contenían una increíble variedad de productos químicos y medicinales como adición a la comida básica.

La historia de la trucha es importante por muchas razones, pero sobre todo como ejemplo de lo que puede pasar cuando un cancerígeno potente es introducido en el medio ambiente de cualquier especie. El Dr. Hueper ha descrito esa epidemia como un serio aviso de que debe prestarse creciente atención a reducir el número y variedad de cancerígenos ambientales. «Si no se toman tales medidas preventivas —dice el Dr. Hueper— estará preparado el escenario para el futuro desarrollo progresivo de similares desastres para la población humana».

El descubrimiento de que estamos viviendo —según una frase de cierto investigador— en un «mar de cancerígenos» es, desde luego, desalentador y puede conducir a reacciones de derrota y desesperación. «¿Es una situación

desesperada?», es la reacción general. «¿No es posible tratar de eliminar de nuestro mundo esos agentes productores del cáncer? ¿No sería mejor no gastar tiempo en probaturas y poner todos nuestros esfuerzos en la investigación que nos conduzca a dar con una curación para el cáncer?»

Cuando se dirigió esta pregunta al Dr. Hueper, cuyos años de ilustre labor sobre el cáncer hacen respetable su opinión, la respuesta fue expresada con el detenimiento del que la ha ponderado largo tiempo y tiene una vida de investigación y experiencia respaldando sus juicios. Cree el Dr. Hueper que nuestra situación en relación con el cáncer es hoy muy similar a aquella con la que se enfrentaba la humanidad respecto a las enfermedades infecciosas en los años inmediatos al siglo xx. La relación causal entre organismos patógenos y muchas enfermedades fue establecida a través de la brillante labor de Pasteur y Koch. Los médicos e incluso el público en general, están enterados de que el medio ambiente humano está habitado por un número enorme de microorganismos capaces de provocar enfermedades, precisamente como los cancerígenos que hoy impregnan nuestro ambiente. La mayoría de las enfermedades infecciosas se han situado hoy bajo un grado razonable de control y algunas están prácticamente eliminadas. Esta brillante conclusión se ha alcanzado por medio de un arma de dos filos: la que refuerza la obstrucción tanto como cura. A pesar del punto en que estamos de creer que existen «píldoras mágicas» y «drogas maravillosas», las victorias mayores y hasta decisivas en la guerra contra las enfermedades infecciosas consisten en medidas acertadas para eliminar los organismos perjudiciales del medio ambiente. Un ejemplo de la historia se refiere al gran estallido del cólera en Londres hace más de cien años. Un médico londinense, el Dr. John Snow, hizo el plano del área en que se presentaban aquellos casos y se encontró con que se originaban en una extensión cuyos habitantes obtenían el agua de un pozo situado en Broad Street. En una inspirada y decisiva práctica de medicina preventiva, el Dr. Snow quitó el mango de la bomba. Y la epidemia quedó desde entonces eliminada. No por medio de una píldora mágica que matara el (entonces desconocido) agente del cólera, sino eliminándolo del ambiente. También las medidas terapéuticas dan importantes resultados, no sólo al curar al paciente, sino al reducir el foco de infección. La actual reducción relativa de la tuberculosis, es el resultado, en una amplia medida, del hecho de que la gente pocas veces entra en contacto con el bacilo de la tuberculosis.

Hoy encontramos nuestro campo de acción lleno de agentes productores del cáncer. Un ataque contra el cáncer que se concentre completa y largamente en medidas terapéuticas (incluso reconociendo que puede encontrarse la «curación») según la opinión del Dr. Hueper, fallará porque deja intactos los

grandes manantiales de agentes cancerígenos que continuarán reclamando nuevas víctimas más de prisa que la aún problemática «cura» las salvará.

¿Por qué hemos estado tan lentos en la adopción de estas medidas de sentido común que aproximan a la resolución del problema del cáncer? Probablemente el «triunfo de conseguir curar a las víctimas del cáncer es más atractivo, más tangible, más brillante y remunerador que la prevención», dice el Dr. Hueper. Sin embargo, impedir el cáncer para todo ser nacido es «decididamente más humano» y puede ser «mucho más efectivo que las curaciones». El Dr. Hueper tiene poca paciencia con los que desean y piensan que la promesa «de una píldora mágica que tomemos cada mañana con el desayuno» será la protección soñada contra el cáncer. Parte del público confía en semejante resultado porque tiene una idea equivocada de que el cáncer es una sola aunque misteriosa enfermedad, con una sola causa y, así lo esperan, una sola cura. Esto, desde luego, está lejos de la verdad. Precisamente los cánceres ambientales están producidos por una amplísima variedad de agentes físicos y químicos, de modo que la enfermedad maligna se manifiesta de muchas diferentes formas biológicamente distintas.

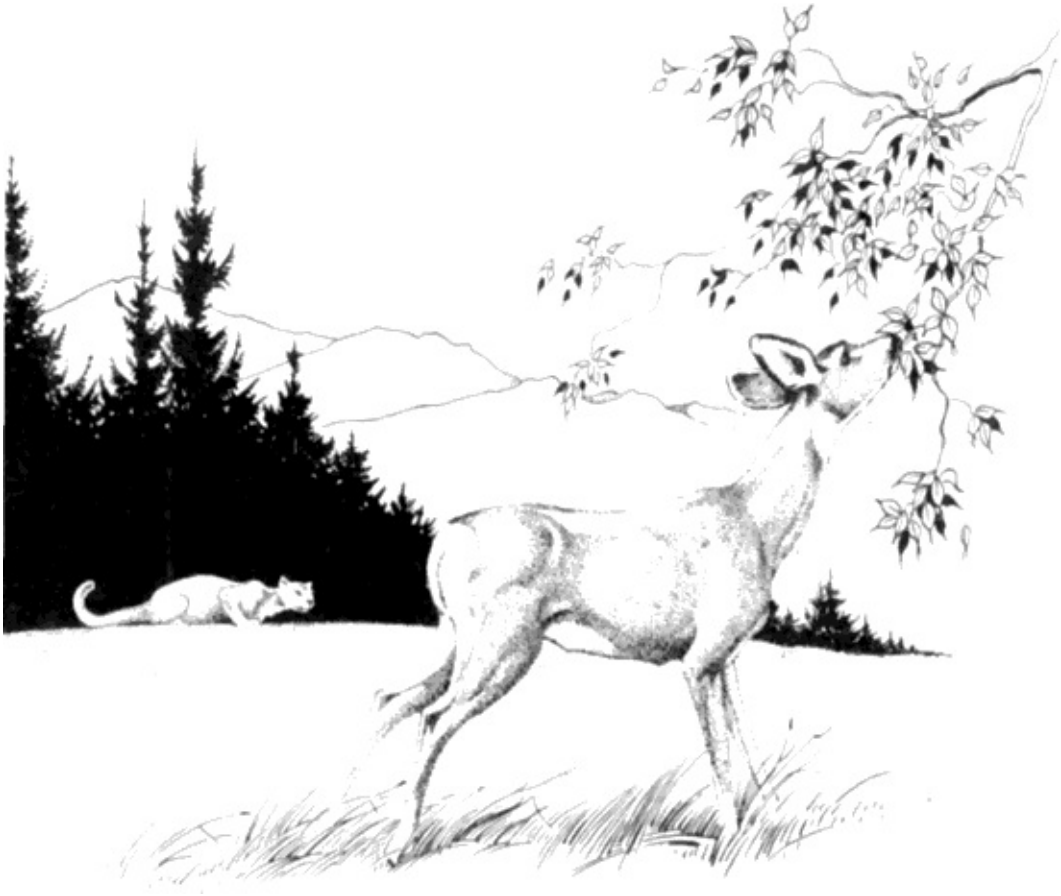
El «medicamento salvador» largamente prometido, cuando aparezca, si aparece, no puede esperarse que sea una panacea para todos los tipos de malignidad. Aunque la investigación debe continuarse para conseguir medidas terapéuticas que curen o alivien a los que ya han caído víctimas del cáncer, es un mal servicio a la humanidad mantener la esperanza de que la solución aparecerá rápidamente, en un solo golpe maestro. Por el contrario, llegará con lentitud, un paso tras otro. Entretanto, mientras nosotros gastamos nuestros millones en investigaciones y ponemos todas nuestras esperanzas en vastos programas para descubrir la curación de cánceres declarados, estamos olvidando la dorada oportunidad de prevenir, incluso al mismo tiempo que se busca la curación.

La tarea no es, en modo alguno, desesperada. En un importante aspecto, el panorama infunde más valor que la situación respecto a las enfermedades infecciosas que había al finalizar el siglo pasado. El mundo estaba lleno entonces de gérmenes patógenos, como lo está hoy de cancerígenos. Sólo que el hombre no había puesto aquellos gérmenes en su ambiente y su labor al difundirlos era involuntaria. En contraste, el hombre ha puesto la gran mayoría de los cancerígenos a su alrededor, y puede, si quiere, eliminar muchos de ellos. Los agentes químicos del cáncer se han atrincherado en nuestro mundo de dos maneras: la primera, por ironía, mediante la búsqueda del hombre de un género de vida mejor y más fácil; la segunda, porque la fabricación y venta de tales productos se han convertido en parte reconocida de nuestra economía y de nuestro modo de vivir.

Sería falso suponer que todos los cancerígenos químicos serán o pueden ser eliminados del mundo moderno. Pero una gran proporción de ellos no constituye necesidad para la vida. Con su eliminación, el lastre total de cancerígenos sería enormemente aligerado, y la amenaza de que una entre cuatro personas padecerá de cáncer quedaría por fin muy mitigada. El esfuerzo más importante deberá de hacerse para eliminar esos cancerígenos que ahora nos contaminan la comida, los abastecimientos de agua y la atmósfera, porque ellos representan el más peligroso tipo de contacto: diminutos roces repetidos una y otra vez, durante años.

Entre los más eminentes cancerólogos figuran muchos que participan de la opinión del doctor Hueper de que las enfermedades malignas pueden reducirse enormemente por determinados esfuerzos encaminados a identificar las causas ambientales y eliminarlas o reducir su impacto. Aquellos para quienes el cáncer resulta una presencia oculta o visible, deben, desde luego, continuar realizando los esfuerzos en busca de cura. Pero la prevención es una necesidad imperativa para los que todavía no han sido tocados por el mal y, naturalmente, para las generaciones que están por nacer.

15. La naturaleza se defiende



Haber arriesgado tanto en nuestros esfuerzos por moldear la naturaleza a nuestra satisfacción y no haber podido alcanzar la meta sería, desde luego, la ironía final. Sin embargo ésa parece la situación en que nos encontramos. La verdad, rara vez mencionada pero existente para cualquiera que sepa mirar, es que la naturaleza no ha sido moldeada tan fácilmente y que hay insectos que encuentran la manera de esquivar los ataques químicos que les dirigimos.

«El mundo de los insectos es el fenómeno de la naturaleza más asombroso —dijo el biólogo holandés C. J. Briéjer—. Nada le es imposible; en él ocurren las cosas más improbables. El que penetra profundamente en sus misterios está perpetuamente sin respiración por el asombro. Sabe que puede suceder cualquier cosa e incluso que se produce lo imposible dentro de su ámbito.»

Lo «imposible» está sucediendo ahora en dos amplios frentes. Por un proceso de selección genética, los insectos desarrollan familias resistentes a los productos químicos. Esto será examinado en el próximo capítulo. Pero el

problema más amplio que vamos a exponer ahora, es el hecho de que nuestro ataque químico está debilitando las defensas inherentes al propio medio ambiente, defensas encargadas de mantener limitadas a varias especies. Cada vez que abrimos brecha en tales defensas, se cuela un chorro de insectos por ella.

Desde todas partes del mundo llegan informes que ponen en claro que estamos en un serio atolladero. Al final de una década o más de control-intensivo químico, los entomólogos están encontrando que los problemas que consideraron resueltos hace unos cuantos años, han vuelto a ensañarse en ellos. Y también que se levantan nuevos problemas, ya que insectos que antes aparecían sólo en número insignificante, han aumentado hasta convertirse en plaga. Por su misma naturaleza, los reductores químicos se autoderrotan, porque han sido imaginados y aplicados sin tener en cuenta los complejos sistemas biológicos contra los que se lanzaban a ciegas. Los productos químicos pueden haber tenido éxito en las pruebas contra unos cuantos individuos de algunas especies, pero no contra colectividades.

En algunos medios modernos, es elegante desdeñar el equilibrio de la naturaleza como un estado de cosas que fue importante en un mundo más primitivo y elemental... un estado de cosas que ahora ha quedado tan revuelto que también podríamos olvidarlo. Algunas personas encuentran que eso es lo más conveniente, pero como un coche de carreras lanzado, es sumamente peligroso. El equilibrio de la naturaleza no es igual hoy que en la época del Pleistoceno, pero aún está ahí: se trata de un complejo, exacto e íntegro sistema de relaciones entre las cosas vivas que no pueden ser ignoradas sin peligro, como la ley de la gravedad, ni puede desafiársele por un hombre balanceándose en lo alto de un arrecife. El equilibrio de la naturaleza no es un *statu quo*; es fluido, mudable y en estado permanente de reajuste. El hombre también forma parte de este equilibrio. A veces la balanza se inclina a su favor; otras veces —y muchas mediante su propia actividad— cambia en su desventaja.

Dos hechos críticamente importantes se han pasado por alto al trazar los programas modernos de control insectil. El primero, que la limitación de insectos verdaderamente efectiva es la aplicada por la naturaleza y no por el hombre. Las poblaciones de insectos se mantienen dominadas por algo que los ecólogos llaman la resistencia del ambiente, y esto ha sido así desde que fue creado el primer ser viviente. La cantidad válida de alimentación, las condiciones del clima, la presencia de especies en situación de rivalidad o depredación son básicamente importantes. «El factor más importante para impedir que los insectos anonaden el mundo es la guerra interna que sostienen entre ellos mismos», ha dicho el entomólogo Robert Metcalf. Y no obstante la mayoría de los productos químicos que se usan ahora los matan a todos, a

nuestros amigos y a nuestros enemigos por igual.

El segundo hecho olvidado es el poder verdaderamente explosivo de algunas especies para reproducirse, una vez se ha debilitado la resistencia del ambiente. La fecundidad de determinadas criaturas vivas está incluso más allá de nuestra capacidad para imaginarlo, aunque de vez en cuando tengamos algún atisbo. Recuerdo de mis días de estudiante, el milagro que se produjo en un recipiente que contenía una sencilla mezcla de heno y agua, por la sencilla adición de unas gotas de una sustancia que contenía una verdadera galaxia de animálculos que bullían y se agitaban a trillones; cada uno de aquellos seres llamados «paramecium», era del tamaño de un grano de polvo y todos se multiplicaban sin trabas en su momentáneo paraíso de temperatura favorable, alimento abundante y ausencia de enemigos. Y pienso también en acantilados junto al mar, blancos de barnaclas o patos de Hivernia hasta la mayor distancia que podía abarcarse con los ojos y en el espectáculo de peces gelatinosos que se movían a millares y millares como formas fantasmagóricas y sin fin, poco más sustanciosas que la propia agua.

Vemos el milagro del control de la naturaleza en pleno trabajo cuando el bacalao se dirige a través de mares invernales hacia sus lugares de desove, donde cada hembra deposita varios millones de huevos. El mar no se convierte en una masa sólida de bacalao, como seguramente ocurriría si toda la progenie sobreviviera. La limitación que existe en la naturaleza es la de que de los millones de crías producidas por cada pareja sólo sobrevive hasta la edad adulta el promedio necesario para sustituir a sus padres.

Los biólogos acostumbran a entretenerse especulando con lo que sucedería si, a consecuencia de cualquier catástrofe imprevisible, las restricciones naturales se rompieran y toda la progenie de un solo individuo sobreviviera. Thomas Huxley, hace un siglo, calculaba al respecto, que una sola hembra áfido, que tiene la curiosa propiedad de reproducirse sin aparejarse, podría tener una progenie en el transcurso de un año, cuyo peso total sería igual al de todos los habitantes que tenía China en aquel tiempo.

Afortunadamente para nosotros, tan extrema situación es sólo teórica, pero las horrendas consecuencias de trastornar la propia marcha de la naturaleza son bien conocidas por los que estudian las poblaciones animales. El celo del hombre por eliminar al coyote ha dado por resultado plagas de ratones campestres que el coyote limitaba antes. La repetida historia del ciervo kaibab de Arizona, es otro caso al respecto. Hubo un tiempo en que la población de ciervos estaba en equilibrio con su propio ambiente. Cierta cantidad de rapaces —lobos, pumas y coyotes— impedían que el ciervo les privara de su alimento. Después empezó una campaña para «conservar» al ciervo matando a sus enemigos. Una

vez hubieron desaparecido los rapaces, los ciervos aumentaron prodigiosamente y pronto no hubo alimento suficiente para ellos. La línea de renuevos en los árboles subió cada vez más mientras aquellos animales buscaban alimento y con el tiempo murieron muchos más ciervos de hambre de los que antes mataban los rapaces. Sobre todo, todos los alrededores fueron destrozados por sus desesperados esfuerzos buscando comida.

Los insectos rapaces de campos y bosques desempeñan la misma función que los lobos y coyotes con los kaibab. Matadlos y los insectos de presa resurgirán multiplicados.

Nadie sabe cuántas especies de insectos habitan en la tierra porque son demasiadas para que se las identifique. Sin embargo se han descrito más de 700.000. Esto significa que, teniendo en cuenta el número de especies, el 70 u 80 por ciento de las criaturas terrestres son insectos. La gran mayoría de esos insectos se mantienen en limitación por fuerzas naturales, sin ninguna intervención del hombre. Si no fuera así, es dudoso que ninguna cantidad de productos químicos —u otros métodos— pudieran mantener a raya sus colonias.

Lo que preocupa es que nosotros nos enteramos difícilmente de la protección que nos dispensan los enemigos naturales de los insectos, hasta que nos falta. La mayoría de nosotros pasamos por el mundo sin enterarnos de sus bellezas, de sus maravillas, y extraños a la intensidad, a veces terrible, de las vidas que se renuevan en tomo a nosotros. Ésa es la causa de que las actividades de insectos y parásitos rapaces sean conocidas por poca gente. Quizá hemos observado a un insecto de forma rara y porte feroz sobre un arbusto del jardín y estamos enterados a fondo de que la mantis religiosa vive a expensas de otros insectos. Pero sólo la hemos visto con ojos comprensivos si paseamos de noche por el jardín y con ayuda de una lámpara de bolsillo hemos contemplado la mantis reptando astutamente hacia su presa. Entonces presentimos algo del drama entre el cazador y el cazado. Entonces empezamos a notar algo de esa fuerza invencible mediante la cual la naturaleza controla lo suyo.

Los rapaces —insectos que matan y se comen a otros insectos— son de muchas clases. Algunos rápidos, con la velocidad de las golondrinas, arrebatan su presa desde el aire. Otros se afanan metódicamente a lo largo de un tallo, arrancan y devoran insectos sedentarios como los áfidos. Los amarillos capturan insectos blandos y alimentan con el jugo a sus crías. Las avispas manchadas construyen nidos de barro bajo los aleros de los tejados y los llenan de insectos que se comerán sus hijos. Las avispas guardianas se ponen al acecho por encima del ganado y le quitan las pulgas que tanto le atormentan. La mosca zumbadora sírfide, que se confunde con frecuencia con la abeja, pone sus huevos en hojas infestadas de áfidos; la larva consume después un inmenso número de áfidos. La

mariquita está entre los más eficaces destructores de áfidos, insectos tijera y otros devoradores de plantas. Auténticamente, centenares de áfidos o pulgones, son devorados por una sola mariquita para aprovisionarse de las pequeñas fuentes de energía que necesita para producir cada una de sus puestas dé huevos.

Todavía son más extraordinarias las costumbres de los insectos parásitos. Éstos no matan en el acto a sus víctimas. Por medio de diversas adaptaciones, las utilizan para nutrir a sus crías. Los parásitos pueden depositar sus huevos dentro de larvas de su presa, de modo que sus propias crías puedan encontrar alimento comiéndose aquéllas. Algunos atacan los huevos de las orugas mediante un procedimiento violento: al nacer, las larvas del parásito agujerean la piel de la víctima. Otros, llevados por un instinto de mimetismo, se reducen a poner los huevos sobre una hoja, de modo que la oruga se los coma inadvertidamente.

Por doquier, en campos y setos, jardines y bosques, los insectos rapaces y los parásitos trabajan. Aquí, por encima de un lago, los dragoncillos saltan y el sol despide chispas de sus alas. Así sus antepasados corrían por los pantanos donde habitaban grandes reptiles. Ahora, como en aquellos tiempos remotos, el dragoncillo de agudos ojos captura mosquitos en el aire y los ahueca con las afiladas patas. En las aguas que hay debajo, sus crías, las ninfas, arrebatan los huevos de esos mismos mosquitos o de otros insectos.

Allá, casi invisible sobre las hojas, está el crisomélido, de alas verdes y ojos dorados, cauteloso y tímido, descendiente de una vieja casta que ya vivía en la edad pérmica. El crisomélido adulto se alimenta sobre todo del néctar de las plantas y del jugo de los áfidos, y a su hora, la hembra pone sus huevos, cada uno al extremo de un palito que asegura en una hoja. De ellos salen los hijos: unas larvas extrañas y brillantes llamadas áfidos león, que viven de atrapar gorgojos, tijeretas o ácaros, cuyos jugos chupan. Cada una de estas larvas puede consumir varios cientos de áfidos antes de que el incesante giro del ciclo de su vida la lleve al momento en que se envuelva en un capullo de blanca seda en el que pasará al estado de insecto perfecto.

Y acullá, hay muchas avispas y moscas, cuya existencia depende de la destrucción de larvas o huevos de otros insectos. Algunos de los comedores de huevos son diminutas avispas, que por su número y extraordinaria actividad hacen bajar la proliferación de muchas especies destructoras de cosechas.

Todas esas pequeñas criaturas trabajan..., trabajan al sol y a la lluvia, durante las horas de oscuridad, incluso cuando la garra del invierno ha convertido ya los fuegos de la vida en simples rescoldos. Entonces, esa fuerza vital está latente, esperando el momento de brotar de nuevo y entrar en actividad, cuando la primavera despierte el mundo de los insectos. Entretanto, bajo la blanca sábana de la nieve, hundidos en el helado mantillo, en agujeros de la

corteza de los árboles y en abrigadas cavernas, los parásitos y los insectos de presa han encontrado el medio de atravesar la estación fría.

Los huevos de la mantis están seguros en pequeñas bolsas de fina sustancia sujetas a la rama de un arbusto por la madre, que vivió su trecho de vida durante el desaparecido verano.

La hembra de la avispa «polistes», abrigada en algún rincón olvidado de un desván, lleva en su cuerpo los huevos fertilizados, de cuya descendencia depende todo el futuro de su colonia. Ella, el superviviente solitario, arreglará en primavera un pequeño nido de papel, pondrá unos pocos huevos en sus celdas y criará cuidadosamente un pequeño núcleo de trabajadores. Con su ayuda, la madre agrandará el nido y desarrollará la colonia. Después los trabajadores, forrajeando sin cesar durante los cálidos días del verano, destruirán incontables orugas.

Así, a través de los avatares de su vida, todos ellos han sido nuestros aliados en mantener la balanza de la naturaleza inclinada a nuestro favor. Y sin embargo, nosotros hemos vuelto nuestra artillería contra nuestros amigos. El tremendo peligro es que hemos subestimado su valor de mantener el dique contra una negra corriente de enemigos que sin su ayuda puede arrastrarnos.

La perspectiva de una permanente disminución de la resistencia ambiental, se hace cada vez mayor con el transcurso de los años, a medida que aumenta la variedad, el número y la potencia de los insecticidas. A medida que pasa el tiempo podemos esperar más serios brotes de insectos, tanto portadores de enfermedades como destructores de cosechas, en cantidades no conocidas hasta ahora.

—Bueno, pero esto ¿no es en teoría? —pueden contestar ustedes—. Seguramente no sucederá en realidad... por lo menos durante mi vida.

Sin embargo está sucediendo, aquí y ahora. Publicaciones científicas han registrado ya unas 50 especies como consecuencia de una violenta dislocación del equilibrio de la naturaleza hacia 1958. Cada año se van encontrando nuevos ejemplos. Una revista muy reciente recopilaba los casos contenidos en 215 impresos informando de importantes trastornos producidos en el equilibrio de las poblaciones de insectos por los plaguicidas.

A veces el resultado de la fumigación química ha sido un tremendo resurgimiento del mismo insecto que trataba de exterminarse, como cuando la mosca negra de Ontario se hizo 17 veces más abundante de lo que era antes de lanzarse las pulverizaciones. O cuando en Inglaterra se produjo un enorme rebrote del gorgojo de la col —un rebrote que no tenía parangón en los anales recogidos— a continuación de una fumigación con cierto producto de fosfato orgánico.

Otras veces, mientras la pulverización hizo un efecto razonable en el insecto escogido como blanco, abrió una especie de caja de Pandora de plagas destructoras que nunca habían sido lo bastante abundantes como para causar preocupaciones. El gorgojo de la araña, por ejemplo, se ha convertido en una plaga prácticamente mundial cuando el DDT y otros insecticidas destruyeron a sus enemigos. El gorgojo de la araña no es un insecto. Es un ser de ocho patas, difícilmente visible, que pertenece al grupo de las arañas, los escorpiones y garrapatas. Tiene en la boca divisiones adaptadas para morder y chupar y un apetito prodigioso de clorofila, la sustancia que da verdor al mundo. El insecto en cuestión mete esas minúsculas y agudas divisiones de la boca, como estiletes, en las células internas de las hojas y de las agujas de los pinos y les extrae la clorofila. Una amplia infestación da a los árboles y arbustos una apariencia de moteados de sal y pimienta. Con una espesa población de gorgojos el follaje amarillea y cae.

Esto es lo que sucedió en algunos de los bosques nacionales hace unos cuantos años, cuando en 1956 el Servicio de Bosques de Estados Unidos pulverizó unos 885.000 acres de selvas con DDT. La intención era exterminar las orugas de los abetos, pero al verano siguiente se descubrió que el problema era peor que el creado por los daños de la oruga. Al observar los bosques desde el aire, pudieron verse vastas extensiones agostadas, donde los magníficos abetos Douglas pardeaban y dejaban caer sus agujas. En el Bosque Nacional Helena y sobre las lomas de las montañas Big Belt, y también en otros territorios de Montana y más abajo, en las selvas de Idaho, los árboles parecían quemados.

Era evidente que aquel verano de 1957 había traído la más extensa y particular infestación de gorgojos de araña de la historia. Casi toda la extensión pulverizada estaba afectada. En todas partes el daño era evidente. Investigando en busca de precedentes, los funcionarios forestales pudieron recordar otras invasiones de gorgojos de araña, aunque menos dramáticas que ésta. En 1929 se había producido un trastorno semejante en el río Madison en Yellowstone Park; en Colorado 20 años antes y en Nuevo México en 1956. *Todos aquellos rebrotes habían seguido a pulverizaciones de bosques con insecticidas*. (La fumigación de 1929, efectuada antes de la era del DDT se hizo con arseniato de plomo.)

¿Por qué el gorgojo de la araña parece medrar con los insecticidas? Además del hecho obvio de que es relativamente insensible a ellos, parecen existir otras dos razones. En la naturaleza, ese insecto está limitado por varios rapaces como la mariquita, un moscardón de agua, gorgojos de presa y varias lagartijas, todos ellos sumamente sensibles a los insecticidas. La tercera razón está relacionada con la misma población apretada en las colonias de gorgojos de arañas. Una colonia de gorgojos es una comunidad densamente establecida bajo una tela

protectora que la oculta de sus enemigos. Cuando cae la rociada química, las colonias se dispersan, ya que los gorgojos, irritados aunque no muertos por las sustancias químicas, se desparraman en busca de lugares donde no les molesten. Al hacerlo encuentran mucha mayor abundancia de espacio y de comida del que podían disponer en las colonias anteriores. Sus enemigos han muerto ahora, de modo que no es necesario que los gorgojos pierdan energía en segregar tela protectora. En vez de esto, dedican sus energías a producir más gorgojos. No es raro que su producción de huevos se incremente en tres veces..., todo eso gracias al benéfico efecto de los insecticidas.

En el valle de Shenandoah de Virginia, famosa región de manzanos, hordas de un pequeño insecto llamado hoja enrollada proliferó hasta convertirse en plaga de los arbolillos pequeños tan pronto como el DDT empezó a reemplazar al arseniato de plomo. Sus depredaciones nunca habían sido importantes hasta entonces; entonces destruyó un 50 por ciento de la cosecha y acabó convirtiéndose en la plaga más destructora de los manzanos, no sólo en aquella región, sino por todo el Este y el Medio Oeste, a medida que aumentaba el uso del DDT.

La situación abunda en ironías. En los huertos de manzanos de Nueva Escocia, a fines de 1940, las peores infestaciones de la polilla alevilla (causa de las «manzanas agusanadas») se produjo en los huertos regularmente fumigados. En los que no recibían pulverizaciones, las alevillas no eran lo bastante abundantes para causar preocupaciones auténticas.

En el Sudán oriental, las fumigaciones han tenido parecidos resultados y los cultivadores de algodón sacaron una amarga experiencia del DDT. Unos 60.000 acres de algodón se cultivaban bajo la irrigación del delta del Gash. Después de los primeros ensayos con DDT, que dieron al parecer buenos resultados, las pulverizaciones se intensificaron. Y fue entonces cuando empezó la confusión. Uno de los enemigos peores del algodón es la oruga capsulada. Pero cuanto más se pulverizaba el algodón, más orugas capsuladas aparecían. Las plantaciones sin fumigar sufrieron menos perjuicios en los frutos y luego en la borra, mientras que en los campos fumigados dos veces, la cosecha de semillas se caía significativamente. Aunque algunos de los voraces insectos que se alimentan de hojas fueron eliminados, todo el beneficio que pudo obtenerse con esto quedó más que perdido con los daños de la oruga capsulada. Al final, los cultivadores se encontraron frente a la triste verdad de que su cosecha habría sido mejor si se hubieran ahorrado las preocupaciones y los gastos de las pulverizaciones.

En el Congo belga y en Uganda, los resultados de fuertes pulverizaciones de DDT contra un insecto-plaga del cafeto fueron casi «catastróficos». La plaga propiamente dicha se halló completamente inatacada por el DDT, mientras su

rapaz había sido extraordinariamente sensible.

En América, los agricultores han cambiado repetidas veces un insecto enemigo por otro peor, cuando las rociadas trastornaban las leyes del mundo de los insectos. Dos de los programas de pulverizaciones a gran escala efectuados recientemente, han tenido precisamente ese efecto. Uno fue el de exterminio de la hormiga roja en el Sur; el otro el del escarabajo japonés en el Medio Oeste. (Ver capítulos 10 y 7.)

Cuando se hizo una aplicación masiva de perclóricos en las tierras cultivadas de Louisiana, en 1957, las consecuencias fueron la proliferación de uno de los peores enemigos de la caña azucarera: el barrenero de la caña de azúcar. Poco después del tratamiento con perclóricos, el daño causado por los barreneros aumentó considerablemente. El producto químico dirigido contra la hormiga encendida, había matado a los enemigos del barrenero. Muy poco después la cosecha estaba tan duramente averiada que los agricultores pensaron presentar una querella contra el Gobierno por negligencia al no avisarles de lo que podía suceder.

La misma amarga lección se llevaron los cultivadores de Illinois. Después de la devastadora rociada lanzada recientemente sobre las tierras cultivadas del este de Illinois para suprimir el escarabajo japonés, los cosecheros descubrieron que los barreneros del maíz habían proliferado enormemente en el terreno tratado. Efectivamente, el maíz crecido en los campos de aquel área contenía casi dos veces más de la destructora larva de aquel insecto. Los cosecheros podían no estar enterados aún de las causas biológicas de lo sucedido, pero no necesitaron científicos que les explicaran que habían hecho un mal negocio. Al tratar de eliminar un insecto, habían desencadenado el azote de otro mucho más destructor. Según el cálculo del Departamento de Agricultura, los destrozos causados por el escarabajo japonés en Estados Unidos, ascendían a 10 millones de dólares, mientras que las pérdidas ocasionadas por el barrenero del maíz alcanzaban casi los 85 millones.

No sirvió de nada el que las fuerzas naturales hubieran sido encargadas de la limitación del barrenero del maíz. A los dos años de haber sido introducido este insecto accidentalmente desde Europa, en 1917, el gobierno de Estados Unidos organizó uno de sus programas más intensivos para localizar e importar parásitos de un insecto-plaga. Desde aquella fecha se trajeron de Europa y de Oriente, a precio considerable, 24 especies de parásitos del barrenero del maíz. De ellas, 5 estaban reconocidas como de distinta utilidad en ese aspecto. No es necesario decir que el resultado de toda esa labor ha quedado destruido, ya que los enemigos del barrenero del maíz han sido exterminados por las pulverizaciones.

También parece absurda la situación de los cítricos de California, donde so efectuó el más famoso y satisfactorio experimento en el control biológico en 1880. En 1872 apareció en California un insecto tijera que se comía la savia de los naranjos y en 15 años desarrolló tan destructora plaga que todas las cosechas de muchos huertos se perdieron completamente. La joven industria de los cítricos estaba amenazada de destrucción. Muchos cultivadores renunciaron y arrancaron los árboles. Entonces se importó de Australia un parásito del insecto tijera, una pequeña mariquita llamada vedalia. En sólo dos años después del primer cargamento de ese escarabajo, el insecto tijera estaba sometido a control en todos los territorios de California donde crecían los cítricos. Desde entonces acá, se puede buscar durante días entre los naranjos sin encontrar un solo insecto tijera.

Pues bien, en 1940 los cosecheros de naranjas empezaron a hacer experimentos de nuevos y atractivos productos químicos contra otros insectos. Con el advenimiento del DDT y de los otros productos aún más tóxicos que siguieron a éste, las poblaciones de vedalias de muchos territorios de California fueron barridas. Su importación había costado al Gobierno sencillamente 5.000 dólares. Sus actividades habían ahorrado a los cosecheros de frutas muchos millones de dólares al año, pero en un momento de atolondramiento, el beneficio había sido cancelado. Reaparecieron rápidamente los insectos tijera y el daño que causaron excedió a todo lo que se había visto en quince años.

«Posiblemente esto marcará el final de una era», ha dicho el Dr. Paul Debach en la Estación de Experimentos de Cítricos de Riverside. Ahora el control del insecto tijera se ha hecho enormemente complicado. La vedalia sólo puede ser sostenida por medio de repetidas sueltas y poniendo la mayor atención en los permisos de pulverizaciones para minimizar su contacto con insecticidas. Y aparte de lo que hagan los cosecheros de naranjas, están más o menos a merced de los propietarios de los terrenos adyacentes, ya que se han hecho grandes daños por las lluvias de insecticidas.

Todos esos ejemplos están relacionados con los insectos que atacan a la agricultura. ¿Qué hay acerca de los portadores de enfermedades? Ya ha habido avisos. En la isla de Missan, en el Pacífico Sur por ejemplo, las pulverizaciones se han efectuado intensivamente durante la segunda guerra mundial, pero se detuvieron cuando terminaron las hostilidades. Bien pronto, nubes de mosquitos de la malaria reaparecieron en la isla. Todos sus rapaces habían sido exterminados y no dio tiempo a restablecer nuevas poblaciones de ellos. El camino estaba preparado, por consiguiente, para una tremenda explosión. Marshal Laird, que ha descrito este incidente, compara el control químico a un

molino de escalones; una vez se ha asentado un pie en él es imposible detenerse por miedo a las consecuencias.

En algunas partes del mundo, las enfermedades pueden ligarse con las pulverizaciones de formas muy distintas. Por alguna razón, tanto los moluscos como los caracoles parecen ser casi inmunes a los efectos de los insecticidas. Esto ha sido observado muchas veces. En el holocausto general que siguió a las pulverizaciones de los marjales del este de Florida, los caracoles acuáticos fueron los únicos que sobrevivieron. La escena, tal como ha sido descrita, resulta un cuadro macabro... algo que podía haber sido creado por el pincel de un autor surrealista. Los caracoles deslizándose entre peces muertos y cangrejos moribundos, devorando a las víctimas de la mortal lluvia de veneno...

Mas ¿por qué es esto importante? Pues es importante porque muchos caracoles acuáticos sirven de hospedaje a peligrosos gusanos parásitos que pasan parte del ciclo de su vida en un molusco y parte en un ser humano. Son ejemplo los platelmintos, o solitaria, que causan serias enfermedades en el ser humano cuando penetra en el cuerpo al beber agua o a través de la piel, cuando la gente se baña en aguas infestadas. Los platelmintos quedan en el agua al soltarse de su cobijo en los caracoles. Tales enfermedades se producen sobre todo en lugares de Asia y África. Cuando se presentan, los encargados del control de insectos saben que a consecuencia de un gran aumento de caracoles, se van a producir con seguridad fatales consecuencias.

Y, desde luego, no es el hombre sólo el que está sujeto a las enfermedades relacionadas con dichos moluscos. Enfermedades al hígado del ganado ovino, del lanar, del caprino; de ciervos, conejos, alces y varios otros animales de sangre caliente, pueden ser ocasionadas por platelmintos de la sangre que pasan parte de su existencia en caracoles de agua fresca. Los hígados infestados con esos gusanos no son adecuados para alimento humano y, como es obvio, están condenados a la destrucción. Eso cuesta a los ganaderos norteamericanos alrededor de 3 1/5 millones de dólares anuales. Cualquier cosa que actúe para incrementar el número de los caracoles puede, como es natural, convertir este problema en algo muchísimo más serio.

En la pasada década esos problemas han lanzado negras sombras sobre el país, pero hemos sido lentos en reconocerlo. La mayoría de las personas más adecuadas para desarrollar el control natural y ayudar a llevarlo a efecto han estado demasiado ocupadas en el campo más atractivo del control químico. Se ha informado que en 1960, sólo un 2 por ciento de los entomólogos de la nación trabajaron en el asunto del control biológico. El restante 98 por ciento estaba dedicado a la investigación de insecticidas químicos.

¿Cómo puede ser esto? Las más importantes fábricas de productos químicos están vertiendo dinero a chorros en las universidades para financiar las investigaciones de insecticidas. Esto crea interés entre los estudiantes graduados y atractivos cargos en las empresas. Los estudios de control biológico, por otra parte, no están tan bien dotados... por la sencilla razón de que no prometen a nadie la fortuna que puede hacerse en la industria química. Aquéllos se dejan para el Estado y para las agencias federales, donde los sueldos son bastante inferiores.

Esta situación explica asimismo el hecho confuso de que ciertos eminentes entomólogos figuren entre los principales defensores del control químico. Las observaciones efectuadas en el medio ambiente de esos hombres indican que todo el programa de investigaciones está sostenido por la industria química. Su prestigio profesional, y a veces su propio empleo, dependen de la continuación de los métodos químicos. ¿Podemos esperar, pues, que muerdan la mano que les da materialmente de comer? Pero conociendo su desviación, ¿qué crédito podemos dar a sus aseveraciones de que los insecticidas son inofensivos?

Entre el clamor general de que los productos químicos son el principal método de control insectil, una minoría de informes contrarios ha sido hecha por esos pocos entomólogos que no han perdido de vista el hecho de que no son ni químicos ni ingenieros, sino biólogos.

En Inglaterra, F. H. Jacob ha declarado que las «actividades de muchos de los llamados entomólogos comerciales podrían hacerles aparecer como trabajando en la creencia de que la salvación reside en el extremo de una manga de pulverizar... que después de haber creado problemas de rebrote o resistencia en los insectos y toxicidad para los mamíferos, el químico se halla dispuesto con otra píldora. Este punto de vista no se sostiene aquí sólo... En último caso sólo los biólogos podrán responder a los problemas básicos de la extirpación de las plagas.»

«Los entomólogos comerciales deben enterarse —escribía A. D. Pickett, de Nueva Escocia— de que están tratando con seres vivos... su trabajo tiene que ser algo más que probar insecticidas o investigar para obtener productos químicos de gran potencia destructora.» El propio Dr. Pickett ha sido un pionero en el trabajo en pro de métodos inofensivos de control insecticida, en el que tienen plena ventaja las especies de insectos rapaces y parásitos. El método que él y sus colaboradores prescribieron es hoy un espléndido modelo, pero muy poco imitado. Sólo en los planes desarrollados por algunos entomólogos de California encontramos en este país algo comparable a aquello.

El Dr. Pickett empezó su tarea hace unos treinta años en los huertos de manzanos del valle de Annápolis en Nueva Escocia, antiguamente uno de los

territorios fruteros más importantes del Canadá. Por aquel tiempo se creía que los insecticidas —entonces productos químicos inorgánicos— resolverían los problemas del control insectil y que la única tarea era inducir a los cultivadores de frutas a seguir los métodos aconsejados. Pero la rosada perspectiva falló al ponerse en práctica. De un modo u otro los insectos persistieron. Se añadieron nuevas sustancias químicas, fue inventado un equipo mejor de fumigación, y el celo por pulverizar aumentó. Pero el problema no mejoró gran cosa. Entonces el DDT pareció «terminar con la pesadilla» de la proliferación de las polillas. Lo que en verdad resultó de su uso fue una invasión sin precedentes de ese insecto. «Vamos de una crisis a otra, cambiando sencillamente un problema por otro», dijo el doctor Pickett.

Llegados a este punto, el Dr. Pickett y sus colaboradores tomaron un nuevo camino en vez de continuar al lado de otros entomólogos que siguieron con el acicate de buscar sustancias cada voz más tóxicas. Reconociendo que tenían un fuerte aliado en la propia naturaleza, planearon un programa que hiciera el máximo uso de los controles naturales y el mínimo de los insecticidas. Siempre que se aplicaban éstos, era a dosis mínimas: escasamente la suficiente para dominar la plaga sin dañar las especies beneficiosas. El momento adecuado también figura en ello. Así, cuando se aplica el sulfato de nicotina debe ser antes mejor que después de que la flor del manzano se ponga encarnada, con lo que uno de los importantes dañinos desaparece, probablemente porque está todavía en forma de huevo.

El Dr. Pickett emplea cuidado especial en la elección del producto químico que hará el menor estrago posible entre los insectos parásitos y rapaces. «Cuando llegamos al punto de tener que emplear DDT, paratión, perclóricos y cualquier otro nuevo insecticida que las medidas rutinarias de control clasifican de igual forma que los insecticidas químicos inorgánicos empleados antiguamente, los entomólogos interesados en el control biológico podemos ir renunciando», dice. En vez del temible espectro de esos violentos tóxicos, escoge la riania (extraída del tallo de una planta tropical), el sulfato de nicotina y el arseniato de plomo. En determinados casos se emplean concentraciones muy débiles de DDT o malatión (1 ó 2 onzas por cada 100 galones, en contraste con la proporción usual de 1 a 2 libras por cada 100 galones). Aunque ésos son los menos tóxicos de los insecticidas modernos, el Dr. Pickett espera que posteriores investigaciones los sustituyan con productos más seleccionados y más seguros.

¿Ha dado resultado ese programa? Los fruteros de Nueva Escocia que han adoptado el plan de pulverizaciones modificadas del Dr. Pickett, están produciendo tan elevadas cantidades de fruta de primera clase como los que usan las pulverizaciones químicas intensivas. Ellos están obteniendo tan buena

producción como los otros. Consiguen iguales resultados, aunque a un precio mucho más bajo. Las regulaciones legales para pulverizaciones de huertos de manzanos en Nueva Escocia son de un 10 o un 20 por ciento sólo con relación a lo que se aplica en otros terrenos donde se crían manzanas.

Más importante incluso que esos excelentes resultados es el hecho de que el plan modificado de aquellos entomólogos no violenta el equilibrio de la naturaleza. Está en marcha de realización la reflexión expuesta por el entomólogo canadiense G. C. Ullyett hace una década: «Debemos cambiar nuestro modo de pensar, abandonar 1a actitud de superioridad humana y admitir que en muchos casos encontramos, en el medio ambiente natural, el medio de limitar las colonias de seres nocivos de un modo más económico que el aplicado por nosotros».

16. El estruendo de un alud



Si Darwin viviera hoy, el mundo de los insectos le deleitaría y le asombraría con su impresionante demostración de sus teorías acerca de la supervivencia del más adecuado. Bajo el peso de las pulverizaciones químicas intensivas, los miembros más débiles de las poblaciones insectiles van eliminándose. Ahora, en muchos territorios y entre diversas especies, sólo sobreviven los fuertes y los adaptables para desafiar los esfuerzos por limitarlos.

Hace aproximadamente medio siglo, un profesor de entomología del Colegio del Estado de Washington, A. L. Melander, hizo una pregunta, ahora exclusivamente retórica: «¿Pueden los insectos hacerse resistentes a las fumigaciones?» Si la respuesta le parecía difícil a Melander, o lenta en llegar, era sólo porque planteó la cuestión demasiado pronto: en 1914 en vez de 40 años después. En la era anterior al DDT, los productos químicos inorgánicos,

aplicados a una escala que ahora parecería sumamente modesta, producían aquí y allá razas de insectos que podían sobrevivir a las pulverizaciones o a las fumigaciones químicas. El propio Melander había tropezado con dificultades respecto al cortapicos de San José, controlado satisfactoriamente durante años por pulverizaciones con sulfuro de cal. Y de buenas a primeras, en el área de Clarkston, en Washington, el insecto se hizo refractario; era más difícil de matar que en el área de Wenatchee y en el valle de Yakima y que en ninguna parte.

De pronto los cortapicos, en otros lugares del país, parecían haber tenido la misma idea: no era necesario morir bajo las pulverizaciones de sulfuro de cal, diligente y liberalmente aplicado por los huertanos. Muchos millares de acres de hermosos huertos del Medio Oeste quedaron destrozados por los insectos, ahora indiferentes a las rociadas.

Después, el método antiguamente muy considerado en California, de colocar tiendas de lona sobre los árboles y fumigarlos con ácido hidrocianúrico, empezó a dar malos resultados en ciertos terrenos, problema que indujo a investigar a la Estación de Experimentaciones con Cítricos de California, investigaciones que empezaron en 1915 y continuaron durante un cuarto de siglo. Otro insecto del que estudiar la provechosa resistencia fue la polilla o gusano del manzano, que en 1920 se mostró inmune al arseniato de plomo, empleado con éxito contra él durante cuarenta años.

Pero fue el advenimiento del DDT y sus muchos parientes lo que inauguró la verdadera Era de la Resistencia. No debía haber sorprendido a nadie que tuviera los más sencillos conocimientos acerca de los insectos o de las poblaciones dinámicas de animales, que en cosa de pocos años se presentara y definiera claramente un feo y peligroso problema. Y sin embargo, el conocimiento del hecho de que los insectos poseen un arma de defensa y contraataque contra la agresión química, parece haberse borrado poco a poco. Sólo los que se preocupan de los insectos portadores de enfermedades parecen haberse levantado ahora ante lo alarmante de la situación; los técnicos en agricultura, todavía en su mayor parte ciegos ante la realidad, ponen toda su esperanza en el desarrollo de nuevos y más tóxicos productos químicos, aunque las presentes dificultades han surgido precisamente de tan engañoso razonamiento.

Si la comprensión del fenómeno de la resistencia entre los insectos se desarrolla con lentitud, está lejos de suceder lo mismo con la propia resistencia. Antes de 1945 sólo alrededor de una docena de especies eran conocidas por haber desarrollado resistencia a algunos de los insecticidas anteriores al DDT. Con las nuevas sustancias orgánicas y los nuevos métodos para su aplicación intensiva, la resistencia empezó un meteórico aumento que alcanzó el alarmante

nivel de 137 en 1960. Nadie cree que el fin esté a la vista. Más de 1.000 publicaciones técnicas han sido editadas al respecto. La Organización Mundial de la Salud ha requerido la ayuda de 300 técnicos de todos los lugares del mundo, declarando que «la resistencia es actualmente el problema único más importante con que se enfrentan los programas de control de insectos». Un distinguido investigador de las poblaciones animales, el Dr. Charles Elton, ha dicho: «Estamos oyendo el primer estruendo de lo que puede convertirse en potente alud».

Algunas veces, la resistencia se desarrolla con tal rapidez, que la tinta apenas se ha secado en el informe que vitorea el éxito del exterminio de una especie por medio de algún producto determinado, cuando tiene que publicarse otro informe rectificando el anterior. En Sudáfrica, por ejemplo, los ganaderos han estado mucho tiempo invadidos por la garrapata azul que, en una ganadería sólo, ha matado en un año 600 cabezas de rumiantes. La garrapata ha sido, durante años, resistente a las rociadas arsenicales. Después se probó el benzeno hexaclóriclo y por un corto tiempo pareció resultar bien. Informes publicados a principios del año 1949 declaraban que las garrapatas resistentes al arsénico podían ser exterminadas fácilmente con el nuevo producto; después, en el mismo año, tuvo que insertarse una desagradable noticia acerca de la resistencia multiplicada. La situación indujo a un escritor a comentar en la «Revista del Comercio de Pieles» en 1950: «Noticias así, deslizadas tranquilamente a través de los círculos científicos y publicadas en secciones insignificantes de la prensa de ultramar, son bastante para dedicarles titulares tan grandes como los que se refieren a la nueva bomba atómica, con sólo que el significado del asunto pudiera ser comprendido en todo su alcance».

Aunque la resistencia de los insectos es un asunto que concierne a la agricultura y los bosques, es en el ámbito de la salud pública donde se han sentido las aprensiones más serias. La relación entre varios insectos y las enfermedades humanas es antigua. Los mosquitos del género «anofeles» pueden inocular en el torrente sanguíneo humano el organismo unicelular de la malaria. Otros mosquitos transmiten la fiebre amarilla. Todavía otros son portadores de la encefalitis. La mosca doméstica, aunque no pica, puede contaminar el alimento humano con el bacilo de la disentería, y en muchas partes del mundo puede representar un importante papel en la propagación de enfermedades de los ojos. La lista de las enfermedades y de su insecto contaminador, incluye el tifus y el piojo del cuerpo, la peste y las pulgas de las ratas, la enfermedad del sueño y la mosca tsé-tsé, varias fiebres y temblores y otras innumerables.

Esos son problemas muy importantes con los que es preciso enfrentarse. Ninguna persona responsable sostiene que las enfermedades transmitidas por los

insectos deban ser ignoradas... La cuestión que ahora se plantea urgentemente por sí misma es si hay alguien lo bastante sabio o responsable para atacar el problema mediante métodos que lo empeoran. La gente ha oído hablar mucho en el mundo acerca de la guerra triunfante contra las enfermedades, gracias al control de los insectos vehículos de la infección, pero ha oído poco acerca del reverso de la historia: las derrotas, los breves triunfos que ahora se encaran duramente con la alarmante perspectiva de que el insecto enemigo se ha robustecido precisamente con nuestro ataque. E incluso algo peor: podemos haber destruido nuestra auténtica arma de lucha.

Un ilustre entomólogo canadiense, el Dr. A. W. A. Brown, fue contratado por la Organización Mundial de la Salud para supervisar de un modo objetivo el problema de la resistencia de los insectos. En la monografía escrita al respecto y publicada en 1958, el Dr. Brown dice: «Escasamente una década después de la introducción de potentes insecticidas sintéticos en los programas de salud pública, el principal problema técnico es el del desarrollo de la resistencia a ellos que presentan los insectos que anteriormente eran limitados por esas sustancias». Al publicar esa monografía, la Organización Mundial de la Salud advertía que «la vigorosa ofensiva lanzada contra los artrópodos propagadores de enfermedades como la malaria, las fiebres tifoideas y demás virus, presenta el riesgo de un grave salto atrás, a menos que este nuevo problema pueda ser dominado con urgencia».

¿Cuáles son las proporciones de este salto atrás? La lista de las especies resistentes ahora incluidas, abarca prácticamente todos los grupos de insectos de importancia médica. Al parecer, las moscas negras, las moscas de arena y las tsé-tsé no se han hecho resistentes aún a los productos químicos. Por otra parte, la resistencia entre las moscas caseras y el piojo del cuerpo se ha desarrollado a escala global. Los programas contra la malaria están amenazados por la resistencia de los mosquitos. La pulga oriental de la rata, el principal vehículo de la peste, ha mostrado hace poco resistencia al DDT en creciente desarrollo. Las naciones qué? informan de la resistencia de gran número de otras especies, representan a todos los continentes y la mayor parte de islas.

Probablemente el primer empleo por la medicina de los modernos insecticidas se produjo en Italia en 1943, cuando el gobierno militar de los aliados dirigió con éxito un ataque contra el tifus espolvoreando con DDT enormes cantidades de gente. Éste fue seguido dos años después, por la intensiva aplicación de pulverizaciones para exterminar el mosquito de la malaria. Hasta un año después no empezaron a presentarse los primeros problemas. Tanto las moscas caseras como los mosquitos del género «culex», empezaron a mostrar resistencia a las pulverizaciones. En 1948 un nuevo producto perclórico fue

escogido como suplemento del DDT. Esta vez se obtuvo buen resultado por dos años, pero hacia agosto de 1950 aparecieron moscas resistentes a los perclóricos, y a finales del mismo año tanto las moscas como los mosquitos «culex» parecieron resistentes al perclórico. La resistencia se desarrolló con la misma rapidez con que iban poniéndose en uso nuevos productos. A fines de 1951, el DDT, el metoxicloro, el clordano, el heptacloro y el benzeno hexaclórico se habían unido a la lista de productos químicos que ya no eran eficaces. Y, entretanto, los insectos volátiles se habían hecho «fantásticamente abundantes».

El mismo ciclo de acontecimientos se repetía en Cerdeña a últimos de 1940. En Dinamarca se usaron por primera vez productos conteniendo DDT en 1944; hacia 1947 el control de los insectos había fallado en muchos lugares. En algunos territorios de Egipto ya eran resistentes las moscas al DDT hacia 1948; el BHC lo sustituyó, pero fue eficaz menos de un año. Una población egipcia en particular, simboliza el problema. Los insecticidas habían efectuado un buen control sobre las moscas en 1950 y en el transcurso del mismo año el promedio de mortalidad infantil se redujo en cerca del 50 por ciento. Sin embargo, al año siguiente, las moscas ya eran resistentes al clordano y al DDT. El nivel de las moscas había llegado al mismo punto de antes y lo mismo le ocurría a la mortalidad infantil.

En Estados Unidos, la resistencia de las moscas al DDT era amplísima en el valle del Tennessee hacia 1948. Después le siguieron otros territorios. Los intentos por restablecer el control con dieldrín tuvieron poco éxito, porque en algunos lugares las moscas desarrollaron enorme resistencia a este producto *sólo en dos meses*. Después de poner en práctica todos los hidrocarburos perclóricos utilizables, las oficinas de control se volvieron hacia los fosfatos orgánicos, y de nuevo se repitió la historia de la resistencia. La actual conclusión de los expertos es que «el control de la mosca casera ha escapado a los insecticidas técnicos y una vez más debe basarse en la sanidad general».

El control del piojo del cuerpo en Nápoles fue una de las más tempranas y más propagadas realizaciones del DDT. Durante los años que siguieron, su éxito en Italia quedó respaldado por igual resultado con el mismo piojo, que afectaba a unos dos millones de personas en Japón y Corea, en el invierno de 1945-46. Alguna premonición de complicaciones futuras podía haber sido obtenida con el fallo del control de una epidemia de tifus en España en 1948. Pero, a pesar de este fracaso en la práctica, ciertos alentadores resultados en experimentos de laboratorio indujeron a los entomólogos a creer que no era probable que el piojo desarrollara resistencia. Los acontecimientos de Corea en el invierno de 1950-51 fueron, sin embargo, alarmantes. Cuando el DDT en polvo fue aplicado a un grupo de soldados coreanos, el resultado fué un auténtico aumento de la

infestación de piojos. Cuando estos insectos fueron recogidos y examinados, se encontró que un 5 por ciento del DDT en polvo no acrecentaba su promedio de mortalidad. Resultados similares con piojos recogidos entre vagabundos de Tokio, en un asilo de Itabashi y en campos de refugiados de Siria, Jordania y el Mediodía de Egipto, confirmaron la ineficacia del DDT para la limitación del piojo y del tifus... Cuando, hacia 1957, la lista de naciones en las que el piojo se había hecho resistente al DDT se extendió incluyendo al Irán, Turquía, Etiopía, África Occidental y África del Sur, Perú, Chile, Francia, Yugoslavia, Afganistán, Uganda, México y Tanganika, el triunfo inicial en Italia pareció bastante disminuido.

El primer mosquito de la malaria que desarrolló resistencia al DDT, fue el «anofeles sacharovi» en Grecia. Extensas pulverizaciones habían empezado en 1946 con éxito inicial; hacia 1949 los observadores informaron que los mosquitos adultos estaban resistiendo en gran número bajo los puentes de las carreteras, aunque no se les veía en casas y establos donde se había pulverizado. Pronto, esa costumbre de refugiarse al exterior se extendió a cuevas, edificios de las afueras, alcantarillas y follajes y troncos de naranjos. Al parecer los mosquitos adultos se habían hecho suficientemente impermeables al DDT para escapar de los edificios pulverizados y descansar y recuperarse al raso. Pocos meses después podían mantenerse en las casas, donde se les encontró posados en paredes rociadas.

Éste era el inicio de una situación extremadamente grave que ahora se ha manifestado. La resistencia de los mosquitos del grupo anofeles a los insecticidas ha crecido en proporción asombrosa, por encima de todo el programa de pulverizaciones domésticas emprendido para eliminar la malaria. En 1956, sólo 5 especies de esos mosquitos eran resistentes; a principios de 1960 el número ¡había pasado de 5 a 28! Este número incluye propagadores muy peligrosos de la malaria en África Occidental, Oriente Medio, América Central, Indonesia y las regiones meridionales de Europa.

Entre otros mosquitos, incluyendo los portadores de distintas enfermedades, se ha repetido lo mismo. Un mosquito tropical que lleva parásitos que producen enfermedades tales como la elefantiasis, se ha hecho fuertemente resistente en muchas partos del mundo. En algunas áreas de Estados Unidos, el mosquito propagador de la encefalitis equina occidental, también ha desarrollado resistencia. Problemas más serios aún se refieren al propagador de la fiebre amarilla, durante siglos una de las grandes plagas del mundo. Las familias resistentes de ese mosquito se presentaron en el Sudeste asiático y ahora son comunes en la región del Caribe.

Las consecuencias de la resistencia, relativas a la malaria y otras

enfermedades, llegan indicadas por informes desde diversos lugares del planeta. Un estallido de fiebre amarilla en Trinidad en 1954, siguió al fracaso del control del mosquito, que se había mostrado resistente al tratamiento. Ha habido recrudecimientos de malaria en Indonesia e Irán. En Grecia, Nigeria y Liberia los mosquitos siguen refugiados y transmitiendo el parásito de la malaria. Una reducción de la disentería conseguida en Georgia gracias al control insecticida, desapareció en cosa de un año. La disminución de conjuntivitis aguda en Egipto, conseguida asimismo a través del control temporal de las moscas, no duró más allá de 1950.

Menos grave en lo que se refiere a la salud humana, pero humillante por lo que concierne al valor de las medidas económicas, es que también presenten resistencia los mosquitos de los marjales de Florida. Aunque éstos no son portadores de enfermedades, en enjambres sedientos de sangre hicieron inhabitables grandes extensiones de la costa de Florida hasta que se estableció el control, de carácter inseguro y pasajero. Pero ahora está completamente inutilizado.

El mosquito casero ordinario presenta resistencia de vez en cuando, hecho que debe hacer comprender a muchas colectividades que es preciso hacer una pausa en sus periódicas pulverizaciones generales. Estas especies son ahora resistentes a diversos insecticidas entre los que figura el DDT, usado casi universalmente en Italia, Israel, Japón, Francia y partes de Estados Unidos, incluidos California, Ohio, Nueva Jersey y Massachusetts.

La garrapata es otro problema. La garrapata de la madera, propagadora de la fiebre eruptiva, ha desarrollado resistencia recientemente; en la garrapata del perro, la habilidad para escapar a la muerte química se ha comprobado amplia y totalmente desde hace tiempo. Esto plantea un problema para el ser humano tanto como para el perro. La garrapata del perro es una especie semitropical y cuando se presenta tan al norte como en Nueva Jersey, tiene que vivir durante el invierno en locales calientes mejor que a la intemperie. John C. Pallister, del Museo Americano de Historia Natural, informó en el invierno de 1959 que en su departamento se habían estado recibiendo llamadas desde los pisos vecinos de Central Park West. «A cada momento —dijo míster Pallister— todo un piso se infesta de jóvenes garrapatas y es difícil deshacerse de ellas. Un perro las cogió en Central Park y pusieron huevos de los que nacieron dentro del piso. Esas garrapatas parecen inmunes al DDT o al clordane de la mayoría de las sustancias químicas modernas. Solía ser muy raro tener garrapatas en la ciudad de Nueva York, pero ahora hay en toda ella y en Long Island, en Werchester y hasta en Connecticut. Nos hemos enterado especialmente en los últimos cinco o seis años.»

La cucaracha alemana, en casi todo Norteamérica, se ha hecho resistente al perclórico, antaño el arma favorita de los exterminadores, que ahora se han vuelto hacia los fosfatos orgánicos. Sin embargo, el reciente desarrollo de la resistencia a esos insecticidas enfrenta a los exterminadores con el problema de no saber a dónde dirigirse a continuación.

Las oficinas relacionadas con las enfermedades propagadas por los insectos, están ahora imitando a los que se debaten entre esos problemas, yendo de un insecticida a otro mientras la resistencia sigue desarrollándose. No obstante, esto no puede continuar indefinidamente, a pesar de la ingenuidad de los químicos al suministrar nuevas materias. El Dr. Brown ha advertido que estamos viajando «por una calle de una sola dirección». Nadie sabe qué longitud tiene esa calle. Si se llega a la muerte final antes de que se perfeccione el control de los insectos portadores de enfermedades, nuestra situación será sumamente crítica.

Respecto a los insectos que infestan las cosechas, la historia es la misma.

A la lista de una docena, poco más o menos, de insectos de la agricultura que presentaban resistencia a los productos químicos inorgánicos en tiempos anteriores, tiene que añadirse ahora un ejército de otros resistentes al DDT, BHC, lindane, toxafene, dieldrín, aldrín e incluso los fosfatos, de los que tanto se esperaba. El número total de especies resistentes entre los insectos que atacan los vegetales ha llegado a 65 en 1960.

Los primeros casos de la resistencia al DDT entre esos insectos aparecieron en Estados Unidos en 1951, unos seis años después de empezar a usarse. Quizá la situación más apurada se refiere a la polilla de la manzana, que es ahora resistente al DDT prácticamente en todas las regiones del mundo donde se cría esa fruta. La resistencia de los insectos de la col está creando otro serio problema. Los insectos de las patatas escapan al ataque químico en muchos lugares de Estados Unidos. Seis especies de insectos del algodón, en unión de polillas de la fruta, saltones, orugas, gorgojos, áfidos, gusanos y muchos otros, son capaces ahora de desdeñar el ataque de los cultivadores con rociadas químicas.

La industria química detesta, inexplicablemente, el enfrentarse con el desagradable hecho de la resistencia. Incluso en 1958, cuando más de 100 especies de las principales presentaban resistencia definida a los productos químicos, uno de los periódicos más importantes en química agrícola, hablaba de la «real o imaginaria» resistencia de los insectos. Aunque la industria se sienta esperanzada y vuelva la cabeza en otra dirección y el problema no siga adelante, éste presenta una cuestión económica desagradable. En primer lugar el costo del control de los insectos por medio de productos químicos va creciendo rápidamente. Ya no es posible almacenar materias químicas como provisión; lo

que hoy es el más prometedor de los insecticidas, puede presentar fallos decisivos mañana. La inversión financiera más sustanciosa dedicada a respaldar y lanzar un insecticida, puede fracasar si los insectos prueban una vez más que la aproximación eficaz a la naturaleza no es por medio de la fuerza bruta. Y por de prisa que la técnica pueda inventar nuevos usos para los insecticidas y nuevas maneras de aplicarlos, es muy probable que se encuentre a los insectos más allá, aguardando ya.

El propio Darwin pudo apenas haber encontrado mejor ejemplo práctico de la selección natural, selección que se produce por medio del mecanismo de la resistencia. En una población arquetípica, cuyos miembros varían mucho entre sí en cualidades de estructura, conducta o constitución física, los que sobreviven al ataque químico son los insectos «duros». Las rociadas suprimen a los débiles. Los únicos supervivientes son los que tienen alguna cualidad inherente que les permite escapar al desastre. Esos son los padres de la nueva generación que, por simple herencia, posee todas las cualidades de «fuerza» innatas en sus progenitores. A esto se sigue inevitablemente que las pulverizaciones intensivas con potentes productos químicos sólo empeoren el problema que trataban de solucionar. Después de unas cuantas generaciones, en vez de una generación mezclada de insectos fuertes y débiles, sale una población compuesta enteramente por ejemplares resistentes.

Los medios por los cuales los insectos resisten a los productos químicos, probablemente varían y aún no se han llegado a comprender completamente. Algunos de los que desafían el control, se cree que están ayudados por una ventaja constitucional, pero según parece hay pocas pruebas auténticas de ello. Que esa inmunidad existe en algunas razas está claro, sin embargo, en las observaciones como las del Dr. Briéjer, que informa, contemplando las moscas en el Instituto de Control de Plagas de Springforbi, Dinamarca: «Se recrean con el DDT como los primitivos hechiceros cuando hacían cabriolas sobre carbones al rojo vivo».

Informes similares llegan desde otras partes del mundo. En Kuala Lumpur, Malaya, los mosquitos reaccionaron al principio contra el DDT abandonando el interior de los edificios que habían sido tratados. Sin embargo, como la resistencia iba en aumento, pudo encontrárseles en superficies donde el depósito de DDT bajo ellos era visible con claridad a la luz de una vela. Y en un campamento militar al sur de Taiwán se hallaron muestras de chinches resistentes llevando un verdadero depósito de DDT en polvo sobre su cuerpo. Cuando esos chinches se colocaron, para experimentación, sobre tela impregnada con DDT, vivieron hasta un mes; pusieron huevos y las crías

resultantes crecieron y prosperaron.

No obstante, la calidad de la resistencia no depende necesariamente de la constitución física. Las pulgas resistentes al DDT poseen una enzima que les permite destoxicar el insecticida y convertirlo en DDE, un producto químico menos venenoso. Esta enzima se presenta sólo en pulgas que poseen un factor genético de resistencia al DDT. Este factor es, desde luego, hereditario. Como osos y otros insectos destoxican los fosfatos orgánicos, se comprende con menos claridad.

Alguna costumbre o proceder puede también colocar al insecto fuera del alcance de los productos químicos. Muchos investigadores han observado la tendencia de las pulgas resistentes a descansar en superficies horizontales no tratadas, más que en paredes impregnadas del producto. Las pulgas domésticas resistentes pueden tener la costumbre de las moscas de los establos, de permanecer quietas en un sitio, reduciendo así mucho la frecuencia de sus contactos con los residuos del veneno. Ciertos mosquitos de la malaria tienen un hábito que disminuye su roce con el DDT hasta hacerlos prácticamente inmunes. Irritados por la rociada, dejan los albergues y sobreviven al aire libre.

Generalmente la resistencia tarda de dos a tres años en desarrollarse, aunque en ocasiones puede presentarse en sólo una estación o menos. Por el otro extremo puede estar seis años latente hasta que aparece. El número de generaciones producidas por una población de insectos en un año, es importante y varía según las especies y el clima. Las moscas del Canadá, por ejemplo, han tardado más en presentar resistencia que las del Sur de Estados Unidos, donde los largos y cálidos estíos favorecen la reproducción.

Una pregunta esperanzada se plantea a veces: «Si los insectos pueden convertirse en resistentes, ¿no cabe esperar lo mismo de los seres humanos?» En teoría podría ser así; pero como esto tardaría siglos y hasta milenios, la tranquilidad para los que viven ahora sería muy pequeña. La resistencia no es cosa que pueda desarrollarse en un individuo. Si cuando nace posee ciertas cualidades que le hacen menos susceptible a los venenos que otros, es más probable que sobreviva y tenga descendencia. No obstante, la resistencia es algo que se desarrolla en una población después de tiempo medido en varias o en muchas generaciones. Las poblaciones humanas se reducen escasamente a tres generaciones por siglo, pero las generaciones de insectos se renuevan en cosa de días o semanas.

«Es más sensato en ciertos casos aceptar una pequeña proporción de perjuicios a no admitir ninguno durante un tiempo y pagarlo después con la pérdida de todos los medios de lucha», es el consejo dado en Holanda por el Dr.

Briejér en su calidad de director del Servicio de Protección a las Plantas. «La orientación práctica debe ser: «pulvericen lo menos posible» mejor que «fumiguen hasta el límite de sus posibilidades»... La presión sobre las plagas de Insectos debe ser siempre la mínima que se pueda».

Desgraciadamente esta opinión no ha prevalecido en los Servicios agrícolas correspondientes de Estados Unidos. El «Libro anual» de 1952 del Departamento de Agricultura, dedicado por entero a los insectos, reconoce el hecho de que éstos se vuelven resistentes, pero dice: «por consiguiente se necesitan más aplicaciones o mayor cantidad de insecticidas para el adecuado control». Ese Departamento no dice lo que sucederá cuando los productos que queden por probar sean aquellos que dejan la tierra, no sólo sin insectos, sino sin vida. No obstante, en 1959, sólo siete años después de que se diera ese consejo, un entomólogo de Connecticut fue interrogado en el «Diario de la Química Agrícola y Alimenticia» sobre el resultado de que se empleara sobre una o dos plagas de insectos cuando menos *el último material útil.*

Dice el Dr. Briejér:

«Está clarísimo que hemos tomado un camino peligroso... *Ahora vamos a emprender medidas enérgicas de investigación sobre otros sistemas de control, medidas que tendrán que ser biológicas, no químicas. Nuestra finalidad más que el empleo de la fuerza bruta, será guiar un proceso natural con tanta cautela como sea posible en la dirección deseada...*

Necesitamos una orientación de más altas miras y más profundo enfoque, cosas ambas que yo echo de menos en muchas investigaciones. La vida es un milagro que está más allá de nuestra comprensión, y debemos reverenciarla, incluso aunque tengamos que luchar contra ella... El recurso de armas tales como los insecticidas para controlarla es prueba de conocimiento insuficiente y de incapacidad para guiar el proceso de la naturaleza que hace innecesaria la fuerza bruta. La humildad se impone; no hay motivo para que los científicos se ensoberbezcan en esto.

17. El otro camino



Nos encontramos ahora en una encrucijada. Pero al revés de los caminos del poema de Robert Frost, ambos no son igualmente bellos. El que hemos estado siguiendo es de una facilidad que decepciona, una carretera de primerísimo orden por la que progresamos a gran velocidad, pero a cuyo fin está el desastre. El otro recodo —el camino «menos frecuentado»— ofrece al final nuestra única oportunidad para alcanzar una meta que asegure la conservación de nuestra tierra.

Después de todo, la elección tenemos que hacerla nosotros. Si, después de haber aguantado mucho, hemos asegurado nuestro «derecho de saber» y si, sabiendo, hemos llegado a la conclusión de que se nos pide que aceptemos riesgos temibles y disparatados, no debemos continuar siguiendo el consejo de los que nos dicen que llenemos nuestro mundo de productos químicos venenosos; tenemos la obligación de mirar a nuestro alrededor y ver qué otra senda se abre ante nosotros.

Puede utilizarse una variedad extraordinaria de alternativas para el control

biológico de insectos. Algunas están ya en uso y han conseguido brillantes éxitos. Otras están en la etapa de los ensayos de laboratorio. Aún otras son poco más que ideas en la mente de científicos que aguardan la oportunidad de probarlas. Todas tienen esto en común: son soluciones *biológicas,* basadas en la comprensión de los organismos vivos que tratan de controlar y de la total fábrica de la vida a la que pertenecen esos organismos. A ello están contribuyendo especialistas que representan diversos terrenos del vasto campo de la biología: entomólogos, patólogos, geneticistas, fisiólogos, bioquímicos, ecólogos, todos los cuales están vertiendo sus conocimientos y su inspiración creadora para la formación de una nueva ciencia del control biológico.

«Toda ciencia puede ser comparada a un río —dice un biólogo del John Hopkins, el profesor Carl P. Swanson—. Tiene unos comienzos oscuros y modestos, extensiones tranquilas y rápidos; períodos de sequía y de plenitud. Recoge caudales en la labor de muchos investigadores, y es alimentada por otros ríos del pensamiento; se profundiza y se ensancha por conceptos y generalizaciones que van creciendo gradualmente».

Así es la ciencia del control biológico en su sentido moderno. En América ha tenido comienzos oscuros hace un siglo con las primeras tentativas de introducir rivales naturales de insectos que eran probados enemigos de los campesinos, un esfuerzo que a veces avanzaba lentamente o nada, pero que de vez en cuando adquiría velocidad e ímpetu bajo el impulso de algún éxito destacado. Ha tenido su período de sequía cuando los que trabajaban en la entomología aplicada se deslumbraban por la espectacularidad de los nuevos insecticidas, como en 1940, y volvían la espalda a los métodos biológicos y ponían los pies en el «tráfago del control químico». Pero la meta de un mundo libre de insectos seguía retrocediendo. Ahora por fin, según se ha visto del atolondrado uso de los productos químicos, éstos son tan grande amenaza para nosotros como para el blanco de los ataques, y el río que es la ciencia del control biológico, fluye otra vez, alimentado por nuevos arroyos del pensamiento.

Algunos de los más atractivos entre los métodos nuevos son los que tratan de volver la fuerza de unas especies contra ellas mismas, de emplear el empuje de la fuerza vital de un insecto para destruirlo. El más espectacular de esos intentos es la «esterilización de los machos», técnica desarrollada por el jefe de la Rama de Investigaciones Entomológicas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, el Dr. Edward Knipling y sus colaboradores.

Hace alrededor de un cuarto de siglo, el Dr. Knipling asombró a sus colegas proponiéndoles un solo método para la limitación de insectos. Si era posible esterilizar y libertar gran número de insectos, teorizaba el doctor, los machos esterilizados lucharían, bajo ciertas condiciones, con los machos silvestres

normales con tanto éxito que, después de repetidas sueltas, sólo se producirían huevos hueros y la población se extinguiría.

La proposición tropezó con la inercia burocrática y con el escepticismo de los científicos, pero la idea persistió en la mente del Dr. Knipling. Un problema principal quedaba por resolver antes de que esa idea pudiera ponerse a prueba: había que encontrar un método práctico de esterilización. Científicamente era conocido el hecho de que los insectos podían ser esterilizados por exposición a los rayos X, cuando, en 1916 un entomólogo llamado G. A. Runner informó de dicha esterilización del escarabajo del tabaco. El trabajo de pionero de Hermann Muller en la obtención de mutaciones mediante rayos X abrió un ancho panorama al pensamiento en 1920, y a mediados del siglo actual varios investigadores informaron de que se había conseguido la esterilización con rayos X o gamma en una docena de especies de insectos por lo menos.

Pero todo eso eran experimentos de laboratorio, con un largo camino por recorrer de aplicaciones prácticas. Hacia 1950 el doctor Knipling organizó un serio esfuerzo para convertir la esterilización en un arma que exterminara el mayor enemigo del ganado del Sur, una especie de mosca de burro. Las hembras de esta especie ponen sus huevos en cualquier herida de los animales de sangre caliente. Las larvas son parásitas y se alimentan de la carne de su huésped. Un toro adulto puede sucumbir a una fuerte infestación en diez días, y las pérdidas de ganado en Estados Unidos se han estimado en 40.000.000 de dólares al año. Las ocasionadas entre los animales silvestres son difíciles de calcular, pero deben ser grandes. La escasez de toros en algunas regiones de Texas se atribuye a la larva de esa mosca. Es un insecto tropical o subtropical que habita en América Central, América del Sur y México y que en Estados Unidos se reduce normalmente al Sudoeste. Sin embargo, hacia 1933 fue introducida accidentalmente en Florida, donde el clima le permitía sobrevivir en invierno y establecer colonias. Desde allí pasó incluso al Sur de Alabama y de Georgia, y pronto la industria ganadera de los Estados del Sudeste se enfrentó con pérdidas anuales que rozaban los 20.000.000 de dólares.

Una gran cantidad de información sobre la biología de la mosca en cuestión fue acumulándose durante años por los científicos del Departamento de Agricultura de Texas. Hacia 1954, después de algunas tentativas preliminares en las islas de Florida, el Dr. Knipling estaba preparado para ensayos en gran escala de su teoría. Después de un acuerdo con el Gobierno holandés, se dirigió a la isla de Curaçao en el Caribe, separada de tierra firme lo menos por 50 millas de mar.

En agosto de 1954, moscas criadas y esterilizadas en un laboratorio del Departamento de Agricultura de Florida, se llevaron a Curagao y se soltaron desde aeroplanos en la proporción de 400 por milla cuadrada a la semana. Casi

en el acto el número de huevos depositados en cabras de experimentación empezaron a disminuir e igualmente su fertilidad. Solo siete meses después de las sueltas, se comprobó que los huevos eran hueros. Pronto fue imposible encontrar una sola larva, ni estéril ni fértil. Esa especie de mosca de burro había quedado descartada de Curasao.

El resonante hecho del experimento de Curaçao, encendió el deseo de los ganaderos de Florida para organizar algo similar que les aliviara del tormento de aquellas moscas. Aunque las dificultades eran enormes: un área 300 veces mayor que la pequeña isla del Caribe, en 1957 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y el del Estado de Florida se unieron para recabar fondos destinados al esfuerzo. El proyecto abarcaba el trabajo sobre unos 50 millones de moscas en una «fábrica de moscas» especialmente construida y el empleo de 20 avionetas para sobrevolar los terrenos previamente designados, de cinco a seis horas diarias, llevando cada aparato un millar de cajas de cartón conteniendo cada una de 200 a 400 moscas irradiadas.

El frío invierno de 1957-58, con temperaturas de hielo que agarrotaron el Norte de Florida, proporcionó una inesperada oportunidad al inicio del programa, mientras las colonias de moscas eran reducidas y confinadas a una pequeña área.

Cuando el programa se consideró completado, después de 17 meses de preparación, 3 ½ millares de millones de moscas criadas artificialmente y esterilizadas, fueron soltadas sobre Florida y partes de Georgia y Alabama. La última herida infestada en un cuadrúpedo, que pudiera atribuirse a las larvas de moscas, se conoció en febrero de 1959. A las siguientes semanas se cogieron varios adultos. Sin embargo, no pudo encontrarse ni rastro de la mosca de burro tropical. Se había logrado su extinción en el Sudeste. Una triunfante demostración de la valía de la creación científica ayudada por investigaciones básicas, por la persistencia y por la decisión.

Ahora, una barrera de cuarentenas trata de impedir en Mississippi la vuelta de la mosca tropical que sigue firmemente arraigada en el Sudoeste. La exterminación allí sería una empresa formidable, teniendo en cuenta las extensiones afectadas y la probabilidad de una reinvasión desde México. No obstante, los intereses son elevados y la idea del Departamento parece ser que algún programa, basado por lo menos en mantener a un nivel muy bajo las colonias de moscas, podrá emprenderse pronto en Texas y otras áreas infestadas del Sudoeste.

El brillante éxito de la campaña antedicha ha despertado enorme interés en aplicar los mismos métodos a otros insectos. No todos, desde luego, son

adecuados para esos procedimientos ya que muchos dependen de la densidad de poblaciones, reacciones a la radiación e historia de su origen.

Los ingleses han emprendido experimentos con la esperanza de que ese método pudiera aplicarse contra la mosca tsé-tsé de Rodesia. Ese insecto infesta alrededor de una tercera parte de África, plantea una amenaza permanente contra la salud humana e impide la cría de ganado en una área de 4 ½ millones de millas cuadradas de tierras de pastos y arbolado. Las costumbres de la mosca tsé-tsé difieren notablemente de las de la mosca tropical de burro, y aunque aquélla puede ser esterilizada por radiaciones, quedan algunas dificultades técnicas que han de limarse antes de que el método pueda ser aplicado.

Los ingleses ya han probado la susceptibilidad a la radiación de muchas otras especies de insectos. En Estados Unidos, los científicos han obtenido algunos éxitos alentadores en pruebas con la mosca del melón, y las moscas oriental y mediterránea en la remota isla de Rota. El barrenero del maíz y el de la caña de azúcar están siendo objeto de ensayos asimismo. También existen posibilidades de que insectos de interés médico puedan ser exterminados mediante la esterilización. Un científico chileno ha indicado que los mosquitos causantes de la malaria persisten en su país a pesar de los tratamientos con insecticidas; la suelta de machos estériles podría, pues, propinar el golpe definitivo que se necesita para eliminar aquellas colonias.

Las dificultades obvias de la esterilización por radiaciones han llevado a la búsqueda de un método más fácil y de resultados similares que ahora atrae fuertemente la atención sobre los esterilizantes químicos.

Científicos del laboratorio del Departamento de Agricultura de Orlando, Florida, están procediendo a la esterilización de la mosca doméstica en experimentos de laboratorio e incluso en algunos campos de ensayo, empleando productos químicos incorporados a alimentos adecuados. En una prueba realizada en una isla de los cayos de Florida, en 1960, la población de moscas fue casi exterminada dentro de un período de sólo cinco semanas. Desde luego la repoblación se produjo procedente de las islas inmediatas, pero como proyecto piloto, el ensayo tuvo éxito. Se comprenderá fácilmente la excitación del Departamento acerca de ese prometedor sistema. En primer lugar, como ya hemos visto, la mosca doméstica se ha hecho prácticamente incontrolable mediante insecticidas. Se necesita, sin la menor duda, un método completamente nuevo. Uno de los problemas de la esterilización mediante radiaciones es el que requiere, no sólo la cría artificial del insecto, sino la suelta de machos estériles en mayor número que los que existen entre la población libre. Esto puede hacerse con la mosca tropical de burro, que no es en realidad un insecto abundante. Con la mosca doméstica, no obstante, es muy difícil duplicar la

población del modo indicado. Por otra parte, un esterilizante químico puede combinarse con un pienso e introducirse en el ambiente natural de la mosca; los insectos que se lo coman se volverán estériles y con el curso del tiempo las moscas estériles predominarán y los insectos se devorarán unos a otros.

La prueba de los productos químicos para la esterilización es mucho más difícil que la de venenos químicos. Se tardan 30 días en evaluar una sustancia, aunque, desde luego, pueden hacerse otra cantidad de ensayos combinados. Sin embargo, entre abril de 1958 y diciembre de 1961, varios centenares de productos fueron cribados en el laboratorio de Orlando para posibles fines de esterilización. El Departamento de Agricultura parece contento de haber hallado entre aquéllos, un puñado de sustancias que prometen.

Otros laboratorios del Departamento están tomando parte en el asunto, ensayando productos químicos contra las moscas, mosquitos, gorgojos y una serie de moscas de la fruta. Actualmente todo eso es experimental, pero en los contados años transcurridos desde que empezó el trabajo sobre los quimioesterilizantes, el proyecto ha crecido enormemente. En teoría presenta rasgos muy atractivos. El Dr. Knipling ha insinuado que la esterilización química efectiva «puede eclipsar fácilmente a los insecticidas más conocidos». Imaginémonos una situación en que la población de un millón de insectos se multiplique por cinco en cada generación. Un insecticida puede matar hasta el 90 por ciento de cada generación, dejando 125.000 insectos vivos después de la tercera generación. En cambio, un producto químico que produce el 90 por ciento de esterilizaciones, dejaría vivos sólo 125 insectos.

En la otra cara de la medalla está el hecho de que se hallan envueltos en el asunto algunos productos extraordinariamente potentes. Es una suerte que por lo menos durante esos primeros pasos, la mayoría de los hombres que trabajan con los quimioesterilizantes, parezcan preocuparse de la necesidad de encontrar sustancias inofensivas y métodos inofensivos de aplicación. Se han planteado sugerencias sin sentido de que esos esterilizantes químicos podrían ser aplicados como pulverizaciones aéreas, por ejemplo para revestir el follaje que se come la larva de la polilla egipcia. Intentar semejante procedimiento sin una investigación previa sobre los peligros que pudieran producirse, sería el colmo de la irresponsabilidad. Si los peligros en potencia de los quimioesterilizantes no se tienen presentes constantemente, pudieran llevarnos a peores dificultades que las que se han creado ahora con los insecticidas.

Los esterilizantes que se están probando pertenecen por lo general a dos grupos, ambos muy interesantes en su modo de actuar. El primero está íntimamente relacionado con el proceso vital o metabolismo de la célula, y se parece tanto a la sustancia que las células o los tejidos necesitan, que el

organismo lo «confunde» con los verdaderos metabolizadores y trata de incorporarlo a su proceso constructor normal. Pero la adecuación es equivocada en ciertos detalles y el proceso se para. Esos productos se llaman antimetabólicos.

El segundo grupo consiste en sustancias que actúan sobre el cromosoma, afectando probablemente la genes química y ocasionando la ruptura del cromosoma. Los quimioesterilizantes son agentes alcalescentes, que reaccionan muchísimo a los productos químicos, capaces de una intensa destrucción celular, de dañar el cromosoma y de producir mutaciones. Este es el punto de vista del Dr. Peter Alexander del Instituto de Investigaciones Chester Beatty de Londres: «cualquier agente alcalescente que es eficaz en la esterilización de insectos, podría ser también un poderoso transformador y cancerígeno». El Dr. Alexander sabe que cualquier uso de tales productos en el control de insectos estaría «expuesto a las más severas objeciones». Por consiguiente hay que esperar que los actuales experimentos conduzcan, no al verdadero uso de esos particulares productos químicos, sino al descubrimiento de otros que sean innocuos y también altamente específicos en su acción sobre el insecto escogido como blanco.

Entre los más interesantes de los últimos trabajos están los relacionados con otros sistemas de forjar armas basadas en el propio proceso vital del insecto. Los insectos producen variedad de venenos, consistentes en sustancias atractivas y repelentes. ¿Cuál es la naturaleza química de esas secreciones? ¿Podríamos emplearlas quizá como insecticidas muy selectivos? Los científicos de la Universidad Cornell y otras, están tratando de encontrar respuestas para algunas de estas preguntas, estudiando los mecanismos de defensa por medio de los cuales muchos insectos se protegen del ataque de los rapaces, y trabajando en la estructura química de las secreciones. Otros científicos laboran en la llamada «hormona juvenil», poderosa sustancia que impide la metamorfosis de la larva hasta que ha alcanzado el adecuado estado de adulto.

Quizá el resultado práctico más inmediato de esta exploración en la secreción de los insectos, es el desarrollo de las sustancias atractivas. Otra vez aquí la naturaleza ha señalado el camino. La polilla egipcia es un ejemplo especialmente intrigante. La hembra tiene un cuerpo demasiado pesado para volar. Vive en la tierra o cerca de ella, entre vegetación baja o trepando por los troncos de los árboles. El macho, por el contrario, es un volador resistente y es atraído incluso desde distancias considerables por un olor que la hembra expele por glándulas especiales. Los entomólogos se han aprovechado de ese factor durante muchos años, preparando laboriosamente ese atractivo sexual extraído

del cuerpo de esas hembras. Después se ha empleado en trampas colocadas para los machos en operaciones de ensayo sobre la linde del recorrido del insecto. Pero éste ha sido un procedimiento sumamente caro. A pesar de tantas infestaciones como se han dado a la publicidad en los Estados del Norte, no había bastantes polillas egipcias para proveerse de material y han tenido que importarse de Europa crisálidas hembras cogidas a mano, a veces a un coste de medio dólar por ejemplar. No obstante, hubo un tremendo rebrote cuando, después de años de esfuerzos los químicos del Departamento de Agricultura lograron recientemente aislar la sustancia atractiva. A continuación de este descubrimiento vino la consecución de la preparación de un material sintético emparentado íntimamente con la sustancia que constituye el aceite de ricino. Esta, no sólo engaña al macho de la polilla egipcia, sino que parece exactamente tan atractiva como la sustancia natural. Una cantidad tan pequeña como un micrón de gramo (1/1.000 grs.) en una trampa, es un auténtico cebo.

Todo esto encierra un interés mucho mayor que el puramente científico, porque el nuevo *y* económico «espejuelo» puede ser usado, no sólo en operaciones de ensayo, sino en trabajos de control. Varias de las posibilidades más atractivas están siendo probadas ahora. En lo que puede ser calificado como guerra psicológica, la sustancia atractiva se combina con un material granulado y se lanza por avión. La finalidad de esto es confundir al macho de la polilla y alterar su conducta normal, de modo que entre las oleadas de olor atractivo, no pueda encontrar el verdadero aroma que le conduzca hasta la hembra. Esta línea de ataque se está efectuando incluso en experimentos dirigidos a engañar al macho hasta llevarle a aparearse con una hembra espuria. En el laboratorio, los machos de la polilla egipcia han intentado la cópula con trozos de madera, y otros objetos inanimados, mientras éstos se hallaran convenientemente impregnados de la sustancia olorosa o espejuelo. Queda por probar si servirá verdaderamente para reducir la población de ese insecto, y lograr la diversión del instinto de reproducción hacia cauces improductivos, pero es una interesante posibilidad.

El jugo de la polilla egipcia es la primera sustancia atractiva que se ha podido sintetizar, pero probablemente pronto habrá otras. Cierto número de insectos enemigos de la agricultura están siendo estudiados para la posibilidad de imitar sus sustancias atractivas. También se han obtenido alentadores resultados con la mosca «hessian» y el gusano cornudo del tabaco.

Se han probado combinaciones de sustancias atractivas y venenosas contra varias especies de insectos. Los científicos del Gobierno han desarrollado una sustancia atractiva llamada metil-eugenol, que los machos de la mosca oriental de la fruta encuentran irresistible. Esta ha sido mezclada con cierto veneno en

pruebas en las islas Bonin, a 450 millas al Sur del Japón. Se han impregnado con los dos productos químicos pedazos pequeños de fibra de cartón y se distribuyeron por el aire sobre todo el archipiélago para atraer y matar a los machos de esas moscas. Este programa de «aniquilamiento de los machos» empezó en 1960; un año después, el Departamento de Agricultura calculaba que más del 99 por ciento de la población había sido eliminado. El método, tal como se aplica aquí, parece tener marcadas ventajas sobre los insecticidas convencionales anunciados por radio. El veneno, un fósforo orgánico, se confina a los rincones del cartón que no es probable que se coman los animales silvestres; además, sus residuos se disipan rápidamente y no son contaminadores potenciales de la tierra o del agua.

Pero no todas las relaciones en el mundo de los insectos se reducen a olores que atraen o repelen. El sonido también puede ser una advertencia o una atracción. El río constante de sonidos ultrasónicos que fluye de un murciélago en vuelo (que le sirve como un sistema de radar para guiarle a través de la oscuridad) es captado por ciertos insectos a los que capacita para evitar ser capturados. El sonido de las alas de parásitos volátiles, avisa a las larvas de algunas moscas de que se junten para buscar protección. Por otra parte, los sonidos que hacen ciertos insectos barrenadores de la madera, orientan a sus parásitos para encontrarlos y para el mosquito macho, el batir de las alas de su hembra resulta un canto de sirena.

¿Qué utilidad puede obtenerse, si cabe conseguir alguna, de esta propiedad del insecto de oír y reaccionar a los sonidos? Aunque todavía en estado de experimentación, pero de interés indudable, está el éxito inicial de haber atraído al mosquito poniendo discos con el ruido de las alas de la hembra. Los machos fueron succionados por un enrejado preparado y murieron. El efecto repelente de estallidos de ruidos ultrasónicos se está ensayando en el Canadá sobre el barrenero del maíz y la polilla agróstide. Dos autoridades en los sonidos animales, los profesores Hubert y Mable Frings de la Universidad de Hawai, creen que un método para influir en la conducta de los insectos mediante sonidos aguarda sólo el descubrimiento de una clave para poder aplicar el vasto conocimiento existente de la producción y recepción de sonidos insectiles. Los sonidos repelentes pueden ofrecer mayores posibilidades que los atractivos. Los Frings han descubierto que los estorninos dan la alarma ante una serie de gritos de angustia de alguno de sus congéneres; quizá en este hecho se encuentra la explicación de algo que puede ser aplicado a los insectos. Para los industriales prácticos las posibilidades parecen tan suficientemente reales, que por lo menos una corporación electrónica de primer orden está preparando la instalación de un laboratorio para probarlas.

El sonido se está ensayando también como agente de destrucción directa. Un ruido ultrasónico matará todas las larvas de mosquito en una probeta de laboratorio. En otros experimentos, moscas florescentes, gusanos y mosquitos de la fiebre amarilla han muerto en unos segundos mediante sonidos ultrasónicos. Todos esos experimentos son los primeros pasos hacia conceptos totalmente nuevos del control insectil, que algún día se hará realidad con los milagros electrónicos.

El nuevo control biológico de insectos no es totalmente asunto de radiaciones electrónicas o gamma o de otros productos de la inventiva del hombre. Alguno de esos métodos tienen raíces antiguas, basadas en el conocimiento de que, como nosotros mismos, los insectos están sujetos a enfermedades. Las infecciones bacterianas barren sus colonias como las plagas antiguas. La ocurrencia de enfermar a los insectos es anterior a Aristóteles; las dolencias del capullo de seda se cantaban ya en la poesía medieval, y a través del estudio de las enfermedades del mismo insecto llegó a Pasteur la comprensión de los principios del morbo infeccioso.

Los insectos son dañados no sólo por virus y bacterias, sino también por hongos, protozoos, gusanos microscópicos y otros seres procedentes del mundo no visto de la vida minúscula que a la larga defiende la vida del ser humano. Porque los microbios incluyen no sólo los organismos de la enfermedad, sino los que destruyen los seres dañinos, los que fertilizan el mantillo y los que figuran en procesos biológicos sin cuento, como la fermentación y la nitrificación. ¿Por qué no van también a ayudarnos en el control de insectos?

Uno de los primeros en enfocar tal uso de los microorganismos fue el zoólogo del siglo xix Elie Metchnikoff. Durante las últimas décadas del siglo xix y la primera mitad del siglo xx, la idea del control microbiano fue tomando forma lentamente. La primera prueba indiscutible de que un insecto podía ser exterminado mediante la introducción de una enfermedad en su medio ambiente, se presentó en 1930, con el descubrimiento y el empleo de la enfermedad lactaria para el escarabajo japonés, enfermedad que es causada por las esporas de una bacteria perteneciente al género *bacillus*. Este ejemplo clásico del control bacteriano tiene una larga historia de uso en la parte meridional de Estados Unidos, según he indicado en el capítulo 7.

Ahora se han puesto grandes esperanzas en los ensayos de otra bacteria de ese género, el *bacillus turingiensis*, descubierto al principio en Alemania, en 1911, en la provincia de Turingia, donde se vio que causaba una septicemia mortal en la larva de la polilla de la harina. Esta bacteria mata en realidad por envenenar más que por enfermar. Dentro de sus varillas vegetales tiene, al

mismo tiempo que esporas, cristales especiales compuestos de una sustancia proteínica altamente tóxica para ciertos insectos, especialmente para las larvas de los lepidópteros. Poco después de haber comido hojas revestidas de esa toxina, la larva sufre parálisis, deja de comer y muere en seguida. Para el objetivo práctico, el hecho de que se interrumpa su comida representa, desde luego, una enorme ventaja, porque el daño en la cosecha se detiene casi en seguida que se ha aplicado la toxina. Compuestos conteniendo esporas del «*bacillus turingiensis*» se están fabricando en Estados Unidos bajo varios nombres comerciales. También se están efectuando pruebas en los campos de varios países: en Francia y en Alemania, contra la larva de la mariposa de la col, en Yugoeslavia contra la larva de la oruga, en la Unión Soviética contra una oruga del corcho. En Panamá, donde se iniciaron las pruebas en 1961, este insecticida bacteriano puede ser la solución a uno o más problemas importantes que se originan en los bananos. Allí el barrenero es una plaga muy seria del plátano, ya que debilita las raíces y los árboles son derribados fácilmente por el viento. El dieldrín ha sido el único producto químico eficaz contra el barrenero, pero ahora ha originado una cadena de desastres. Los barreneros se han vuelto resistentes. El producto ha destruido también varios insectos rapaces útiles y así ha ocasionado un aumento de los dañinos, unas polillas pequeñas, de cuerpo grueso, cuya larva carcome la superficie de los plátanos. Existen razones para esperar que el nuevo insecticida microbiano elimine a los dos, los barreneros y las polillas y que esto se producirá sin trastornar los limitadores naturales.

En los bosques meridionales del Canadá y de Estados Unidos, los insecticidas bacterianos pueden ser una importante solución al problema creado por insectos de la selva como los gorgojos y la polilla egipcia. En 1960 ambas naciones iniciaron ensayos en los campos con una preparación comercial del «*bacillus turingiensis*». Algunos de los primeros resultados han sido alentadores. En Vermont, por ejemplo, los resultados finales del control bacteriano fueron tan buenos como los obtenidos con el DDT. El principal problema técnico es ahora encontrar una solución para acarrear las esporas bacterianas hasta las agujas de los árboles perennes. En las cosechas ésto no es problema: incluso puede emplearse un pulverizador. Los insecticidas bacterianos se han probado ya entre una amplia variedad de vegetales, especialmente en California.

Entretanto, otra labor menos espectacular se está realizando con los virus. Aquí y allá, en los campos de alfalfa tierna de California, se han echado pulverizaciones de una sustancia tan mortal como cualquier insecticida para la oruga de la alfalfa: se trata de una solución que contiene un virus obtenido de los cuerpos de las orugas muertas por infección de esa enfermedad tremendamente virulenta. Sólo los cuerpos de cinco orugas intoxicadas así, proporcionan virus

suficientes para tratar un acre de alfalfa. En algunos bosques del Canadá, el virus que afecta a las moscas-sierras del pino ha demostrado ser tan eficaz que ha reemplazado a los insecticidas.

Científicos de Checoslovaquia han hecho experimentos con protozoos contra las larvas de los lepidópteros y otros insectos plaga y en Estados Unidos se ha hallado un parásito protozoario que reduce la capacidad de desovar del barrenero del maíz.

Para algunos, el término «insecticida microbiano» puede presentarles cuadros de guerras bacteriológicas que dañen otras formas de vida. No es así. En contraste con los productos químicos, los insectos patógenos son inofensivos para todo lo que no sea su presa. El Dr. Edward Steinhaus, una relevante autoridad en patología de los insectos, ha subrayado que «no hay ningún ejemplo registrado de que un verdadero agente patógeno insectil haya causado alguna enfermedad infecciosa a un animal vertebrado, ni experimentalmente ni en la naturaleza». Dichos agentes patógenos son tan específicos que infectan sólo a un pequeño grupo de insectos; a veces a una sola especie. Biológicamente no pertenecen al tipo de organismos que causan enfermedades en animales superiores ni en plantas. También, como indica el Dr. Steinhaus, el brote de morbos en los insectos en plena naturaleza siempre queda reducido a éstos y no afecta ni a las plantas que los albergan ni a los animales que se alimentan de ellos.

Los insectos tienen muchos enemigos naturales; no sólo microbios, sino otras muchas clases de insectos distintos. La primera sugerencia de que un insecto puede ser exterminado robusteciendo a sus enemigos, se atribuye generalmente a Erasmus Darwin en 1800. Probablemente porque éste fue el primer método extensamente practicado de control biológico, este procedimiento de lanzar un insecto contra otro se ha tomado, amplia y erróneamente, como la única alternativa de los productos químicos.

En Estados Unidos, los verdaderos inicios del control biológico convencional datan de 1888, cuando Alberto Koebele, el primero de un creciente ejército de entomólogos exploradores, se fue a Australia en busca de naturales enemigos del gorgojo algodonoso que amenazaba los cítricos de California de total destrucción. Como hemos visto en el capítulo 15, la misión fue coronada con el más espectacular de los éxitos y en el siglo que siguió, el mundo había sido rastrillado de enemigos naturales que debían encargarse de exterminar los insectos que habían llegado a nuestras costas sin ser invitados. En total, unas 100 especies de rapaces importados y parásitos habían sido establecidas. Además de los escarabajos «vedalia», traídos por Koebele, otras importaciones habían tenido éxito sonado. Una avispa importada del Japón estableció su completo

dominio sobre un insecto que atacaba la manzana de los huertos meridionales. Varios enemigos naturales del áfido moteado de la alfalfa, una incidental importación desde el Oriente Medio, están acreditados como salvadores de la industria de la alfalfa. Parásitos y rapaces de la polilla egipcia realizaron un acabado control, como la avispa «tiphia» contra el escarabajo japonés. El control biológico de gorgojos y gusanos harinosos se estima que ha ahorrado a California varios millones de dólares al año. La verdad es que uno de los más destacados entomólogos de aquel Estado, el Dr. Paul De Bach, ha calculado que por una inversión de 4.000.000 de dólares para el trabajo de control biológico, California ha recibido en pago 100.000.000 de dólares.

Pueden hallarse ejemplos de control biológico afortunado sobre graves plagas, por medio de la importación de enemigos naturales, en unas 40 naciones, distribuidas por la mayor parte del mundo. Las ventajas de ese control sobre los productos químicos son obvias: es relativamente barato, es permanente, no deja residuos ponzoñosos. Y no obstante, el control biológico ha sufrido de falta de apoyo. California es prácticamente el único de muchos Estados en tener un programa formal de ese control, mientras que en varios Estados no hay ni siquiera un entomólogo que le dedique todo su tiempo. Acaso por falta de apoyo, el control biológico por medio de insectos enemigos no se ha efectuado siempre con la amplitud científica que requiere. Rara vez se han hecho estudios exactos de su impacto sobre las poblaciones de insectos que se trataba de exterminar, y las sueltas no se han efectuado siempre con la precisión que pudiera determinar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

El insecto de presa y su víctima no existen solos, sino que forman parte de un extenso tejido de vida que en su totalidad necesita ser tomado en cuenta. Quizá las oportunidades para tipos más convincentes de control biológico son mayores en los bosques. Los terrenos dedicados a la agricultura moderna son sumamente artificiales, no se parecen a nada que haya sido concebido por la naturaleza. Pero los bosques constituyen un mundo diferente, mucho más aproximado a su medio ambiente natural. Aquí, con un mínimo de ayuda y un máximo de no interferencia por parte del hombre, la Naturaleza puede seguir su camino, asentando todo ese intrincado sistema de represiones y equilibrio que protege el bosque de los daños excesivos de los insectos.

Los empleados forestales de Estados Unidos parecen haber pensado, en lo que al control biológico se refiere, en introducir ante todo insectos parásitos y rapaces. Los canadienses tienen un punto de vista más amplio y algunos europeos han ido más allá todavía al desarrollar la ciencia de la «higiene de la selva» en un alcance asombroso. Pájaros, hormigas, arañas del bosque y bacterias del mantillo son parte del bosque tanto como los propios árboles, a

criterio de los directivos forestales europeos, que cuidan de injertar un nuevo bosque dentro de esos factores proteccionistas. El incremento de los pájaros es uno de los primeros pasos. En la era moderna de silvicultura intensiva, los viejos árboles carcomidos han desaparecido, y con ellos los refugios de los picamaderos y otras aves que anidan en los árboles. Esta falta se ha remediado con cajitas para anidar que vuelven a atraer a los pájaros al bosque. Otras cajas están designadas especialmente para lechuzas y murciélagos, para que esas criaturas puedan realizar su trabajo de cazar insectos en las horas de oscuridad, trabajo que las aves pequeñas efectúan a la luz del día.

Pero esto es sólo el comienzo. Algunos de los trabajos más fascinantes del control insectil en los bosques europeos, consiste en el empleo de la hormiga roja como insecto de presa, especie de la selva que desgraciadamente no se encuentra en Norteamérica. Hace unos 25 años, el profesor Karl Goswald de la Universidad de Würzburg inauguró el sistema de cultivar esta hormiga y establecer colonias de ellas. Bajo su dirección, más de 10.000 colonias de hormigas rojas se instalaron en 90 áreas de la República Federal Alemana. El método del Dr. Goswald ha sido adoptado en Italia y en otras naciones, donde se han instalado granjas de hormigas para suministrarlas a los bosques. En los Apeninos, por ejemplo, se han colocado varios cientos de nidos para proteger las áreas repobladas de árboles.

«Si pueden ustedes conseguir en su bosque una combinación de pájaros y hormigas protectores, en unión de algunos murciélagos y lechuzas, el equilibrio biológico se ha beneficiado ya esencialmente», dice el Dr. Heinz Ruppertshofen, funcionario oficial de Mölln, Alemania, que cree que la introducción de un insecto rapaz o parásito es menos eficaz que una tropa de los «compañeros naturales» de los árboles.

En las selvas de Mölln, las nuevas colonias de hormigas están protegidas de los picamaderos por telas metálicas a fin de reducir el trabajo. De este modo, los picamaderos, que han aumentado en 400 por ciento en diez años en algunas áreas vigiladas, no reducen seriamente las colonias de hormigas y pagan amablemente lo que cogen apoderándose de las orugas dañinas de los árboles. La mayor parte del trabajo de cuidar las colonias de hormigas (y asimismo las cajas para anidar los pájaros) está realizado por cuadrillas de jovencillos de la escuela local: niños de 10 a 14 años. El costo es sumamente bajo y los beneficios se acumulan con destino a la protección permanente de los bosques.

Otro rasgo sumamente interesante del trabajo del Dr. Ruppertshofen es el empleo de arañas, en lo cual parece que ha sido el pionero. Aunque existe una extensa literatura dedicada a la clasificación y a la historia natural de las arañas, cuanto se ha publicado al respecto es disperso y fragmentario y no trata en modo

alguno del valor de este insecto como agente del control biológico. De las 22.000 clases de arañas conocidas, 760 son aborígenes de Alemania (y alrededor de 2.000 de Estados Unidos). Veintinueve familias de arañas habitan en los bosques germanos.

Para un arboricultor lo más importante de una araña es la clase de tela o red que fabrica. La tela redonda de ciertas arañas tiene un tejido tan compacto que pueden atrapar toda clase de insectos. Una red larga (de unas 16 pulgadas de diámetro) de la araña cruzada lleva 120.000 nódulos adhesivos en sus hilos. Una sola araña puede destruir en su vida de 18 meses un promedio de 2.000 insectos. Una selva estudiada biológicamente tiene de 50 a 150 arañas por metro cuadrado. Cuando hay menos, la deficiencia puede ser corregida recogiendo y distribuyendo los capullos que contienen los huevos. «Tres capullos de araña avispera (que también existe en América) encierran un millar de arañas, que pueden atrapar 200.000 insectos voladores», dice el Dr. Ruppertshofen. La fina y delicada cría de la araña que teje la tela redonda, cría que sale en primavera, es especialmente importante —dice el doctor— «porque la madre construye, en equipo, una tela-sombrilla encima de los recién nacidos en lo alto de los árboles, para protegerlos contra los insectos. A medida que la araña crece y se transforma, la tela se alarga.

Los biólogos del Canadá han seguido una línea similar de investigación, aunque con diferencias dictadas por el hecho de que las selvas del Norte de América son mucho más naturales que plantadas y que las especies útiles para mantener sano el bosque son algo distintas. El interés del Canadá se centra en los pequeños mamíferos, que son sorprendentemente eficaces en el control de ciertos insectos, especialmente de los que viven en el esponjoso mantillo del suelo. Entre esos insectos está la mosca-sierra, llamada así porque la hembra tiene un oviscapto en forma de sierra con el que hiende las agujas de las coníferas para depositar en ellas sus huevos. A veces la larva cae a tierra y forma capullos en las turberas donde arraigan los arces americanos o en el humus, bajo los abetos o pinos. Pero, en el subsuelo del bosque hay un mundo de excavaciones donde se bifurcan los túneles y caminos de pequeños mamíferos: ratones patiblancos, ratones campestres, musarañas de varias especies... Todos ellos son pequeños rapaces. La voraz musaraña o musgaña descubre y se engulle el mayor número de capullos de la mosca-sierra. Se los come colocando una de las patas delanteras sobre el capullo y mordiendo una de sus extremidades; tiene extraordinaria habilidad en distinguir los capullos hueros de los llenos y por su insaciable apetito, la musgaña no tiene rival. Por otra parte, un ratón campestre puede engullir 200 capullos en un día, mientras que una musgaña según de qué clase, ¡se traga hasta 800! Esto puede dar como resultado, según las

comprobaciones técnicas, de que se destruyan del 75 al 98 por ciento de los capullos.

No es sorprendente que en la isla de Terranova, que no tiene musgañas, pero sí está infestada de moscas-sierra, desearan con tanta vehemencia algunos de esos pequeños y eficientes mamíferos. En 1958 se intentó la aclimatación de la musgaña careta —el más eficiente rapaz de la mosca-sierra—. Los funcionarios del Canadá informaban en 1961 que la tentativa había sido fructífera. Las musgañas se multiplican por la isla y algunos individuos marcados han sido recuperados nada menos que a diez millas del punto en que se le soltó.

He ahí, pues, una batería completa de armamentos útiles para el arboricultor que desea hallar soluciones permanentes que conserven y robustezcan la convivencia natural en el bosque. Los controles químicos de las plagas son, en el mejor de los casos, una medida de obstrucción que no reporta auténtica solución, y en el peor un destructor de peces de los arroyos, reproductor de plagas insectiles y destructor de los controles naturales y de los que se pueda tratar de introducir. Con esas medidas violentas —dice el Dr. Ruppertshofen— «el consorcio de la vida en el bosque queda completamente desequilibrado, y los desastres causados por los insectos se repiten en períodos cada vez de mayor duración... Por consiguiente, nosotros debemos poner término a esas manipulaciones antinaturales traídas al más importante y casi postrer espacio de vida natural que se nos ha dejado.»

A través de esas nuevas, imaginarias y auténticas aproximaciones al problema de repartir nuestra tierra con otras criaturas, circula un tema constante: el conocimiento de que estamos tratando con cosas vivas: con poblaciones vivientes y todas sus presiones y contrapresiones, sus avances y retrocesos. Sólo tomando en cuenta esas fuerzas vivientes y tratando cautelosamente de guiarlas hacia canales favorables a nosotros mismos, podemos esperar el llevar a término un acomodamiento razonable entre las hordas de insectos y nosotros.

La moda corriente de los venenos ha fracasado totalmente al no tomar en cuenta esas fundamentalísimas consideraciones. Arma tan rudimentaria como la clava del hombre de las cavernas, el fuego de barrera de los productos químicos ha sido lanzado contra la fábrica de la vida: una fábrica por un lado delicada y destructible y por el otro milagrosamente dura y resistente y capaz de revolverse del modo más inesperado. Esa extraordinaria capacidad de la vida, ha sido ignorada por los que practican el control químico, que no han puesto en su tarea ni «orientaciones de mentalidad elevada» ni humildad ante las vastas fuerzas con las que se entrometen.

El «control de la naturaleza» es una frase concebida con arrogancia nacida

en la edad de Neanderthal de la biología y de la filosofía, cuando se suponía que la naturaleza existe para la conveniencia del hombre. Los conceptos y prácticas de la entomología aplicada, datan en su mayor parte de la Edad de Piedra de la ciencia. Nuestra alarmante desgracia es que ciencia tan primitiva se haya armado a sí misma con la más moderna y terrible de las armas, y que al volverla contra los insectos se ha vuelto también contra la tierra.

Apéndice

LISTA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE INFORMACIÓN

Capítulo 2: La necesidad de sostenerse

«Informe sobre los problemas ambientales de la salud» Audiciones, 86.° Congreso, Subcom. de la Com. de Incautaciones, marzo de 1960.

«La situación plaguicida para 1957-58», Servicio de Estabilización de Productos del Dept. de Agricultura de EE.UU., abril de 1958.

Elton, Charles S.(«La ecología de las invasiones de animales y plantas», Nueva York: Wiley, 1958.

Shepard, Paul, «El lugar de la Naturaleza en el mundo del Hombre», «Atlantic Naturalist», Yol. 13 (abril-junio 1958).

Capítulo 3: Elixires de muerte

Gleason, Marion, «Toxicología clínica de los productos comerciales», Baltimore: Williams y Wilkins, 1957.

Gleason, Marion, «Boletín de material suplementario»: «Toxicología clínica de los productos comerciales», vol. IV, n.° 9. Univ. de Rochester.

«La situación plaguicida para 1958-59», Servicio de Estabilización de productos del Dept. de Agricultura de EE.UU., abril de 1959.

«La situación plaguicida para 1960-61», Servicio de Estabilización de productos del Dept. de Agricultura de EE.UU., abril de 1959.

Hueper W. C., «Tumores profesionales y enfermedades afines». Springfield Ilustr.: Thomas 1942.

Todd, Frank E., y S. E. McGregor, «Insecticidas y abejas», «Anuario de Agric.», Dept. de Agric, de EE.UU., 1952.

Hueper, W. C., «Tumores profesionales».

Bowen, C. V. y S. A. Hall, «Los insecticidas orgánicos», «Anuario de Agric.», Depart. de Agricultura de EE.UU., 1952.

Van Oettingen, W. F., «Los hidrocarburos halogenados alifáticos, oleínicos, cíclicos, aromáticos y alifático-aromáticos: incluidos los insecticidas halogenados, su toxicidad y peligros potenciales», Dept. de Sanidad, Educación y Bienestar, Servicio Público de Sanidad Pública de EE.UU., n.° 414 (1955).

Biskind, Morton S., «Aspectos en la Salud Pública de los nuevos insecticidas» Jour. Amer. Extract. «Enfermedades» Vo. 20 (1953) n.° 11.

Laug, Edwin P., «Presencia del DDT en el hígado humano y en la leche» A. M. A. Archivos Indust. «Higiene y Profes. Med.», Vol. 3 (1951).

Laug, Edwin P., «Alteración de la célula hepática y almacenamiento de DDT en la grasa de la rata, producidos por niveles dietéticos de 1 a 50 p.p.m. de DDT», Jour. Farmacol. y Exper. Terapeut., Vol. 98 (1950).

Ortega, Paul, «Cambios patológicos en el hígado de las ratas después de ingerir pequeñas cantidades de varios insecticidas», A.M.A. «Archives Path», Vol. 64 (dic. 1957).

Fitzhugh, O. Garth y A. A. Nelson, «La toxicidad oral crónica del DDT» (2,2-BIS p-clorofenil-1, 1,1-tri-cloroetano)», «Jour. Farmacol. y Exper. Terapéut.» Vol. 89 (1947) n.° 1.

Laug y otros, «Presencia del DDT en la grasa humana y en la leche».

Hayes, Wayland J., Jr., «Almacenamiento de DDT y DDE en personas con diferentes grados de exposición al DDT», A.M.A. «Archiv. Indust. Sanit.» Vol. 18 (nov. 1958).

Durham, William F., «Contenido de insecticida en la dieta y cuerpos grasos de los aborígenes de Alaska»; «Science», Vol. 134 (1961) n.° 3.493.

Smith, Ray F., «Secreción de DDT en la leche fresca de vacas alimentadas con alfalfa que contenga pequeños residuos», «Jour. Econ. Entomol.» Vol. 41 (1948).

Laug y otros, «Presencia de DDT en el hígado humano y en la leche».

Finnegan, J. K., «Distribución y eliminación de DDD y DDT en los tejidos, después de administración oral a perros y ratas», «proc. Soc. Exper. Biol. y Med.», Vol. 72 (1949).

Laug y otros, «Alteración de la célula hepática».

«Sustancias químicas en productos alimenticios» «Hearings», H. R. 74, House Select Com. para investigar el empleo de sustancias químicas en productos alimenticios, Pt. 1 (1951) P. 275.

Van Oettingen, «Hidrocarburos... Halogenados» P. 322.

«Sustancias químicas en productos alimenticios» Hearings, 81. Congreso, H. R. 323, Com. para investigar el uso de sustancias químicas en productos alimenticios, Pt. 1 (1950) págs. 388-90.

«Memorándum Clínico de venenos comerciales» Servic. Púb. de Salud Pública de EE.UU., n.° 476 (1956) pág. 28.

Gannon, Norman, y J. H. Bigger, «La transformación del aldrín y el heptacloro en sus epóxidos en el mantillo», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 51 (feb. 1958) págs. 1-2.

Davidow, B. y J. L. Radomski, «Aislamiento de un epóxido metabólico en los tejidos grasos de perros alimentados con heptacloro», «Jour. Farmacol. y Exper. Terapéutic.» Vol. 107 (marzo de 1953) págs. 259-65.

Van Oettingen, «Hidrocarburos... Halogenados», p. 310.

Drinker, Cecil K., «El problema de posibles efectos sistemáticos de ciertos hidrocarburos perclóricos», Jour. Indus. Higiene y Toxical., Vol. 19 (sept. 1937) pág. 283.

«Envenenamiento profesional con dieldrín», Com. de Toxicol., Jour. Asoc. Méd. Amer., Vol. 172 (abril 1960) págs. 2.077-80.

Scott, Thomas G., «Algunos efectos, sobre un campo de experimentación, del dieldrín en la vida silvestre», «Jour. Administración de la Vida Silvestre», Vol. 23 (oct. 1959) págs. 409-27.

Paul, A. H. «Envenenamiento por dieldrín —Informe de un caso», «Jour. Méd. de Nueva Zelanda», Vol. 58 (1959) pág. 393.

Hayes, Wayland J., Jr., «La toxicidad del dieldrín en el hombre», «Bol. Organ. Mund. de la Salud», Vol. 20 (1959) págs. *891-912*.

Gannon, Norman y G. C. Decker, «La transformación del aldrín en dieldrín sobre las plantas», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 51 (feb. 1958), págs. 8-11.

Kitselman, C. H., «Estudios toxicológicos del aldrín (compuesto 118) en grandes animales», Jour. Amer. Investig. Vet., Vol 11 (1950) pág. *378.*

Dahlen, James H. y A. O. Haugen, «Efecto de los Insecticidas en codornices y palomas», «Protección de Alabama», 26 (1954) n.° 1, págs. 2.1-23.

Dewitt, James B., «Toxicidad crónica en codornices y faisanes por algunos insecticidas perclóricos», «Jour. Agric, y Aliment. Quím.», Vol. 4 (1956) n.° 10, págs. 863-66.

Kitselman, C. H., «Estudios extensos sobre perros alimentados con aldrín y dieldrín a dosis sub letales, con referencia a los descubrimientos histopatológicos y a la reproducción», Jour. Aso. Amer. Méd. Vet., Vol. 123 (1953) pág. 28.

Treon J. F. y A. R. Borgmann, «Efectos de la completa supresión del alimento a ratas alimentadas previamente con dietas conteniendo aldrín o dieldrín». Lab. Kettering., Universidad de Cincinnati; mimeo. Sacado del texto de Robert L. Rudd y Richard E. Genelly: «Plaguicidas. Su uso y toxicidad en relación con la vida silvestre». Calif. Departamento de Pesca y Caza. Boletín de Caza n.° 7 (1956), pág. 52.

Myers. C. S. «El eldrín y plaguicidas afines: revisión». Penna. Dep. de Investigaciones Sanitarias, Informe n.° 45 (1958) Mimeo.

Jacobziner, Harold y H. W. Raybin, «Envenenamiento por insecticida (endrín)», Jour. Méd. del Estado de Nueva York, Vol. 59 (mayo de 1959), págs. 2.017-22.

«Urgen cuidados en el uso de los plaguicidas», «Clean Streams», n.° 46 (junio de 1959) Penna. Dept. de Sanidad.

Metcalf, Robert L., «El impacto del desarrollo de los insecticidas organo-fosfóricos en la ciencia básica y aplicada», «Bol. Soc. Amer. Entomol.», Vol. 5 (marzo de 1959) págs. 3-15.

Mitchell, Philip H., «Fisiología general». Nueva York: McGraw-Hlll, 1958. págs. 14-15.

Brown A. W. A., «Control insectil mediante productos químicos». Nueva York: Wiley, 1951.

Toivonen, T., «Creciente frecuencia de envenenamientos por paratión en Finlandia», «Lancet», Vol. 2 (1959), n.° 7.095, págs. 175-76.

«Enfermedades profesionales en California atribuidas a plaguicidas y otros productos químicos agrícolas». Calif. Depart. de Salud Pública 1957, 1958, 1959 y 1960.

Quinby, Griffith E. y A. B. Lemmon, «Residuos de paratión como causa del envenenamiento en trabajadores agrícolas», Jour. Asoc. Méd. Amer., Vol. 166 (feb. 15, 1958) págs. 740-46.

Carman, G. C., «Absorción de DDT y paratión por las frutas», «Abstracts», 115.ª Asamblea de la Soc. Quím. Americ. (1949) pág. 30A.

«Memorándum Clínico de venenos comerciales», pág. 11.

Frawley, John P., «Marcada potenciación de toxicidad en mamíferos por administración simultánea de dos compuestos de anticolinesterasas», «Jour. de Farmacol. y Exper. Terapeut.» Vol. 121 (1957) n.° 1. págs. 96-106.

Rosenberg, Philip y J. M. Coon, «Potenciación entre inhibidores colínesterásicos», «Proc. Soc. Exper. Biol. y Méd.» Vol. 97 (1958) págs. 836-39.

Dubois, Kenneth P., «Potenciación de la toxicidad de los insecticidas orgánicos fosfatados», A.M.A. «Archivos Indus. Salud», Vol. 18 (dic. 1958) págs. 488-96.

Murphy, S. D,, «Potenciación de la toxicidad del malatión, por el fosfato de trortotolil», Proc. Soc. Exper. Biol. y Méd., Vol. 100 (marzo de 1959) págs. 483-87.

Graham, R. C. B., «El efecto de algunos insecticidas de hidrocarburos organo-fosfóricos y perdóneos en la intoxicación de varios músculos relajantes», Jour. Farm. Farmacol., Vol. 9 (1957) págs. 312-19.

Rosenberg, Philip y J. M. Coon, «Aumento del sueño producido por el hexobarbitúrico mediante ciertas anticolinesterasas», Proc. Soc. Exper. Biol. y Méd., Vol. 98 (1958) págs. 650-52.

Dubois, «Potenciación de la toxicidad».

Hurd-Karrer, A. M. y F. W. Poos, «Toxicidad de las plantas que contienen

selenio para los áfidos», «Ciencia», Vol. 84 (1936) pág. 252.

«Enfermedades profesionales en California», 1959.

Glynne-Jones, G. D. y W. D. E. Thomas, «Experimentos sobre posibles contaminaciones de ia miel, con escradán», «Anales de Biol. Api.», Vol. 40 (1953) pág. 546.

Radeleff, R. D., «La aguda toxicidad de los insecticidas de hidrocarburos perclóricos y organo-fosfóricos sobre el ganado», Boletín Técnico del Dep. Agric, de EE.UU. 1.122 (1955).

Brooks, F. A., «Las lluvias de pulverizaciones venenosas lanzadas por aviones y grandes equipos», Agric. Engin., Vol. 28 (1947) n.° 6, págs. 233-39.

Stevens, Donald 13., «Recientes despliegues del programa del Estado de Nueva York relativo al uso de productos químicos para el control de Ja vegetación acuática»; escrito presentado a la 13.ª reunión anual de la Conferencia del Control de malezas del Nordeste, (enero 8 de 1959).

Horner, Warren D. «El dinitrofenol y su relación con la formación de las cataratas» (A.M.A.) «Archivos de oftalmología», Yol. 27 (1942) páginas 1.097-1.121.

Weinbach, Eugene C., «Base bioquímica de la toxicidad del pentaclorofenol». Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 43 (1957) n.° 5, págs. 393-97.

Capítulo 4: Aguas de superficie y mares subterráneos

«Problemas biológicos en la contaminación del agua». Transacciones, •seminario 1959. Informe Técnico del Servicio de Salud Pública de EE.UU. W60-3 (1960).

«Informe sobre los problemas de la salud ambiental», «Hearings», 86.ª Congreso. Subcom. de la Com. de Incautaciones, marzo de 1960, pág. 78.

Tarzwell, Clarence M., «Efectos contaminadores de los insecticidas orgánicos en los peces», «Transacciones» 24.ª Conf. Nor. Amer. de Vida silvestre (1959) Washington, D. C. págs. 13242. Pub. por el Inst. de Adm. de la Vida silvestre.

Nicholson, H. Page, «Contaminación insecticida de las aguas», Jour. Amer. Waterworks Asoc., Vol. 51 (1959) n. 11, págs. 1.367-72.

Woodward, Richard L., «Efectos de los plaguicidas en los suministros de agua», Jour. Am. Waterworks Asoc. Vol. 52 (1960), n.° 11, págs. 981-86.

Cope, Oliver B., «La retención del DDT por truchas y blanquillos» en «Problemas biológicos de la contaminación del agua» págs. 72-75.

Kuenen, P. H., «Reinos del agua», Nueva York: Wiley, 1955.

Gilluly, James, «Aspectos de la salud pública en la contaminación del agua

terrestre en la represa del río South Platte en la vecindad de Henderson, Colorado, agosto de 1959», Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos, nov. 1959. Mimeo.

«Informe sobre problemas ambientales de la salud.»

Hueper. W. C. «Peligros de cáncer por los contaminadores naturales y artificiales del agua», «proc.», Conferencia sobre aspectos fisiológicos de las calidades del agua, Washington, D. C., sept. 8-9, 1960. Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos.

Hunt, E. G. y A. I. Bischoff, «Efectos perniciosos sobre la vida silvestre, a consecuencia de aplicaciones periódicas de DDD en Clear Lake», «Calif. Pesca y Caza», Vol. 46 (1960), n.° 1, págs. 91-106.

Woodard, G., «Efectos observados en los perros a continuación de una alimentación prolongada de DDT y sus afines», «Proc. Federación», Vol. 7 (1948) n.» 1, pág. 266.

Nelson, A. A. y G. Woodard, «Grave atrofia adreno-cortical (citotoxia) y perturbaciones hepáticas producidas en perros alimentados con DDD o TDE», (A.M.A.) «Archivos Patol.», Vol. 48 (1949), pág. 387.

Zimmermann, B. «Los efectos del DDD en la adrenalina humana; tentativas de empleo de un agente adreno-destructor en el tratamiento del cáncer diseminado prostático y mamario». «Cáncer» Vol. 9 (1956), páginas 940-948.

Cohen, Jesse M., «Efecto de envenenamiento de peces en los depósitos de agua. I. Eliminación de las materias tóxicas». «Jour. Asoc. Trabajos acuáticos. Amer.», Vol. 52 (1960) n.° 12, pág. 1.551-65. «II. El problema del olor», Vol. 53 (1960), n.° 1, págs. 49-61. «III. Campo de estudio, Dickinson, Norte de Dakota», Vol. 53 (1961), n.° 2, págs. 233-46.

Hueper, «Peligros del cáncer mediante contaminadores de agua».

Capítulo 5: Las dominios del mantillo

Simonson, Roy, W. «Lo que es el mantillo», «Anuario de Agricultura», Dept. de Agricult. de EE.UU., 1957, págs. 17-31.

Clark, Francis E., «Organismos vivientes en el mantillo», «Anuario de Agric.», Dept. de Agricult. de EE.UU. 1957, págs. 157-65.

Farb, Peter, «Tierra viva», Nueva York: Harper 1959.

Lichtenstein, E. P. y K. R. Schulz, «Persistencia de algunos hidrocarburos perclóricos insecticidas, según las clases del mantillo y porcentaje de aplicación y temperatura.» «Jour. Econ. Entomol.» Vol. 52 (1959) n.° 1, págs. 124-31.

Thomas, F. J. D. «Los efectos residuales en el mnntillo de productos químicos protectores de las cosechas» en «Proc», 2.ª Conf. Intern. Protectora do

Plantas (1956). Estación de Investigaciones Fernhust, Inglaterra.

Eno, Charles F. «Insecticidas de hidrocarburo perclórico: ¿Qué es lo que han hecho en nuestro suelo?»; «investigaciones agríc, del Estado», Sunshine. Informe para julio de 1959».

Mador, Donald L., «Efectos del humo de diferentes orígenes en la moderación de la toxicidad de los biócidos». Tesis de Doctorado, Universidad de Wisc., 1960.

Sheals, J. G., «Estudios de los pobladores del mantillo. I. Efectos del cultivo y tratamiento con insecticidas», «Bol. Investigaciones Entomol.», Vol. 47 (diciem. 1956) págs. 803-22.

Hetrick. L. A., «Diez años de comprobaciones de insecticidas orgánicos como agentes venenosos contra las termitas meridionales subterráneas», Jour. Econom. Entomol., Vol. 50 (1957) pág. 316.

Lichtenstein, E. P. y J. B. Polivka, «Persistencia de los insecticidas en terrenos de turba», Jour. Econ. Entomol., Vol. 52 (1959) n.° 2, páginas 289-93.

Ginsburg, J. M. y J. P. Reed, «Supervisión de las acumulaciones de DDT en mantillos en relación con diferentes cultivos», Jour. Econ. Entomol. Vol. 47 (1954), n.° 3, págs. 467-73.

Cullinan, F. P., «Algunos insecticidas nuevos —Sus efectos en plantas y terrenos», Jour. Econ. Entomol., Vol. 42 (1949) págs. 387-91.

Satterlee, Henry S., «El problema del arsénico en el tabaco americano de cigarrillos»; «Jour. Méd. de Nuev. Ingl.» Vol. 254 (junio, 21, 1956), págs. 1.149-54.

Lichtenstein, E. P., «Absorción de algunos insecticidas de hidrocarburos perclóricos, del mantillo a varios cultivos», «Jour. Agric, y de Quím. Aliment.», Vol. 7 (1959) n.° 6, págs. 430-33.

«Sustancias químicas en alimentos y cosméticos», «Hearings», 81.° Congreso, H. R. 74 y 447, «House select Com.» para investigar el empleo de productos químicos en alimentos y afeites, Pt. (1952) págs. 1.385-1.416. Declaración de L. G. Cox.

Klostermeyer, E. C. y C. B. Skotland, «Plaguicidas químicos como uno de los factores en el exterminio del lúpulo». Circular de las Oficinas de Exper. Agríe, de Washington. Circ. 362 (1959).

Stegeman, LeRoy C., «La ecología del mantillo». Transcripción de una labor de seminario, Universidad del Estado de Nueva York. Colegio Forestal, 1960.

Capítulo 6: El manto verde de la tierra

Patterson, Robert L., «La sagaz perdiz blanca de Wyoming». Denver; Sage Books, Inc., para la Comisión de Pesca y Caza de Wyoming, 1952.

Pechanec, Joseph, «Control de la salvia silvestre en tierras abiertas», Boletín de los Cultivadores del Departamento de Agricultura de EE.UU., n.° 2.072 (1960).

Murie Olaus J., «El científico y la salvia silvestre», «Pacific Discovery», Vol. 13 (1960) n.° 4, pág. 1.

Douglas, William O., «Mi libertad: el Este de Katahdin», Nueva York: Doubleday, 1961.

Egler, Frank E., «Herbicidas: 60 preguntas y respuestas relativas a la disposición sobre la vegetación en bordes de caminos de paso y carreteras», Litchfield, Conn.: Litchfields Hills, Soc. Audubon, 1961.

Ficher, C. E., «Control de mezquites en tierra de pastos». Texas. Boletín del Serv. de Agricult. Exper., 935 (agosto 1959).

Goodrum, Phil D,, y V. H. Reid, «Implicación en la vida silvestre del control sobre malezas y jarales», «Transacciones», 21.» Conf. Norteamericana sobre la vida silvestre (1959).

«Supervisión de la extensión y el costo del control de malezas y problemas específicos de la maleza». Dept. de Agric, de EE.UU. ARS 34-23 (marzo de 1962).

Bames, Irston R., «Las pulverizaciones matan la belleza de la Naturaleza», «Washington Post», 25 sept. 1960.

Goodwin, Richard H., y William A. Niering, «Un camino en crisis: el uso y el abuso de los herbicidas». Boletín n.° 11 de Arboricultura de Connecticut (mar. *1959*) págs. 1-3.

Boardman, William, «Los peligros de las pulverizaciones en las malezas», «Veterinaria», Vol. 6 (enero 1961), págs. 9-19.

Williard, C. J., «Efectos indirectos de los herbicidas», Proc. 7a reunión anual de la Conf. del Control de la maleza del Norte-Centro (1950), páginas 110-12.

Douglas, William O., «Mi libertad: El Oeste del Pacífico». Nueva York: Doubleday, 1960.

Egler, Franck E., «Organización de la vegetación para caminos con derecho de paso y carreteras». Informe Smithsoniano para 1953 (Instituto Smithsoniano. Washington, D. C.), págs. 299-322.

Bohart, George E., «Contaminación por insectos aborígenes»; «Anuario de Agric.» del Dept. de Agricultura de EE.UU., 1952, págs. 107-21.

Egler, «Ordenación de la Vegetación».

Niering, William A., y Frank E. Egler, «Una comunidad de arbustos

"vibuernum lentago", estable durante veinticinco años», «Ecología». Vol. 36 (abril de 1955) págs. 356-60.

Pound, Charles E., y Frank E. Egler, «Control de la maleza en el Sudeste de Nueva York: quince años de estabilidad de una colonia de árboles pequeños», «Ecology», Vol. 34 (en. 1953), págs. 63-73.

Egler, Frank E., «Ciencia, Industria y abuso de los derechos de paso», «Science», Vol. 127 (1958) n.° 3.298, págs. 573-80.

Niering, William A., «Principios de Derecho de Paso en la administración de la Vegetación». «Econ. Botan.» Vol. 12 (abril-junio 1958) páginas 140-44.

Hall, William C. y William A. Niering, «La teoría y la práctica del control selectivo de malezas por medio de productos químicos». «Proc.», 13. Reunión anual de la Conf. de Control de malezas del Noreste (8, enero 1959).

Egler, Frank E., «¿Cincuenta millones de acres más para la caza?» «Deporte en el campo», dic. 1954.

McQuilkin, W. E., y L. R. Strickenberg, «Control de malezas en los caminos de los bosques nacionales del Este, con 2,4,5-T», Documento de la Estación de Exper. Forest. del Noreste, n.° 148. Upper Darby, Penna., 1961.

Goldstein N. P., «Neuropatía periférica después de contactos con un ácido esteárico diclorofenoxiacético», «Jour. Asoc. Méd. Am.», Yol. 171 (1950) págs. 1.306-9.

Brody, T. M., «Efectos de ciertas sustancias de plantas adultas en la fosforitación oxidativa del mitocondrio en el hígado de la rata». «Proc. Soc. Exper. Biol. y Méd.», Vol. 80 (1952), págs. 533-36.

Croker, Bárbara H., «Efectos del 2,4-D y 2,4,5-T en la infestación de gorgojos de la cepa "allium"», Gaceta de Bot. Vol. 114 (1953) págs. 274-83.

Williard, «Efectos indirectos de los herbicidas».

Stahler, L. M. y E. J. Whitehead, «El efecto del nitrato potásico 2,4-D en el gorgojo de las hojas de la caña azucarera», «Science», Vol. 112 (1950) n.° 2.921, págs. 749-51.

Olson, O. y Whitehead, «Contenido de nitrato en algunas plantas del Sur de Dakota», Proc., Ac. de Cien, de Dakota del Sur. Vol. 20 (1940) página 95.

«Lo nuevo en la Ciencia Farmacológica», Reportaje anual de la Estación de Agric. Exp. de la Universidad de Wisc. Pt. II, Boletín 527 (julio 1957) pág. 18.

Stahler y Whitehead, «El efecto del 2,4-D en los porcentajes de nitrato potásico».

Grayson, R. R., «Envenenamiento por gas silíceo: neumonía del nitrógeno de dióxido, nueva enfermedad de los trabajadores agrícolas» «Anales de Medic. Interna.» Vol. 45 (1956) págs. 393-408.

Crawford, R. F. y W. F. Kennedy, «Los nitratos y el sílice en cultivos de

forrajes: beneficios, peligros, precauciones». Colegio de Agricultura del Estado de Nueva York, Cornell Misc. Boletín n.° 37 (ju. 1960).

Briejér, C. J., «Al autor».

Knake, Ellery L., y F. W. Slife, «Lucha de la «setaria faterii» con el maíz y las habas ”Soy”» «Malezas», Vol. 1 (1962), n.° 1. págs. 26-29.

Goodwin y Niering, «Crisis de las cunetas».

Egler, Frank E., «Al autor».

DeWitt, James B, «Al autor».

Holloway, James K., «Control de la maleza por el insecto», «Sci. American», Vol. 197 (1957), n.° 1, págs. 56-62.

Holloway, James K., y C. B. Huffaker, «Insectos para controlar la maleza» Anuario de Agric., Depart. de Agric, de EE.UU., 1952, págs. 135-40.

Huffaker, C. B y C. E. Kennett., «Diez años de estudios do los cambios en la vegetación, asociados con el control biológico do la cizaña Klamar», «Jour. Range Management», Vol. 12 (1950), n.° 2, págs. 09-82.

Bishopp, F. C., «Insectos amigos del hombre», «Anuario do Agric.», Departamento de Agricult. de EE.UU., 1052, págs. 79-87.

Capítulo 7: Destrucción innecesaria

Nickell, Walter, «Al autor».

«He aquí vuestro programa 1959 de control del escarabajo japonés», «Release». Dept. de Agric, del Estado de Michigan, oct. 19 1959.

Hadley, Charles H. y Walter E. Fleming, «El escarabajo japonés», Anuario de Agric., Dept. de Agric. 1952, págs. 567-73.

«He aquí vuestro programa de control 1959. del escarabajo japonés».

«Ni un bicho en pulverizaciones aéreas», «Detroit News», nov. 10 1959.

«Michigan Audubon Newsletter», Vol. 9 (enero 1960).

«Ni un bicho en pulverizaciones aéreas».

Hickey, Joseph J., «Algunos efectos de los insecticidas en la vida terrestre de los pájaros» «Informe» de la Sube, sobre relación de los Productos químicos, con los bosques y la vida silvestre, Madison, Wisc., enero de 1961, Informe especial n.° 6.

«Coordinación de los programas plaguicidas» «Hearings» 86.° Congreso, H. R. 11.502, Com, de la Marina Mercante y Pesquerías, mayo de 1960, pág. 66.

Scott, Thomas G., «Algunos efectos en el campo de aplicaciones del dieldrín sobre la vida silvestre», «Jour. Administración de la Vida Silvestre», Vol. 23 (1959), n.° 4, págs. 409-27.

Hayes, Wayland J., Jr., «La toxicidad del dieldrín en el hombre», «Bol.

Organ. Mund. de la Salud», Vol. 20 (1959) págs. 891-912.

Scott, Thomas G., A la autora, dic. 14.1961, en. 8, feb. 15 1962.

Hawley, Ira M., «La enfermedad lechosa en los escarabajos», Anuario de Agricultura, Dept. de Agric, de EE.UU., 1952, págs. 394-401.

Fleming, Walter E., «Control biológico del escarabajo japonés, especialmente con enfermedades entomógenas» «Proc.», 10.° Congreso Internacional de Entomólogos (1956) Yol. 3 (1958) págs. 115-25.

Chittick, Howard A. (Lab. Biológico de Fairfax). A la autora, nov. 30, 1960.

Scott, «Algunos efectos en el campo de aplicaciones del dieldrín sobre la vida silvestre».

Capítulo 8: Y ningún pájaro canta

«Audubon Field Notes». «Migración otoñal —agos. 16 a nov. 30, 1958», Vol. 13 (1959), n.° 1, págs. 1-68.

Swingle, R. U., «Enfermedad holandesa del olmo», «Anuario de Agricultura», Dept. de Agricult. de EE.UU., 1949, págs. 451-52.

Mehner, John F. y George J. Wallace, «Las colonias de petirrojos y los insecticidas», «Atlantic Naturalist», Vol. 14 (1959), n.° 1, págs. 4-10.

Wallace, George J., «Insecticidas y pájaros», «Audubon Mag.», enero feb. 1959.

Barker, Roy J., «Notas sobre algunos efectos ecológicos de las pulverizaciones de DDT sobre los olmos», «Jour. Wildlife Management», Vol. 22 (1958), n.° 3, págs. 269-74.

Hickev, Joseph J., y L. Barrie Hunt, «La mortalidad de los pájaros cantores a consecuencia de los programas anuales de control de la enfermedad holandesa del olmo», «Atlantic Naturalist», Vol. 15 (1960), n.° 2, págs. 87-92.

Wallace, George J., «Insecticidas y pájaros».

Wallace, George J., «Otro año de pérdidas de petirrojos en los claustros de una Universidad» «Audubon Mag». marzo-abril 1960.

«Coordinación de los programas plaguicidas», «Hearings» H. R. 11.502, 86. Congreso Com. de la Marina Mercante y Pesquerías, mayo 1960, páginas 10-12.

Hickey, Joseph J., «Mortandad de las aves por el programa de control de la enfermedad holandesa del olmo de Michigan». Cranbrook Inst. of Science Bulletin, 41 (1961).

Hickey, Joseph J., «Algunos efectos de los Insecticidas en la vida terrestre de los pájaros», «Informe» de la Sub. referente a los productos químicos en bosques y vida silvestre, Estado de Winsconsin, en. 1961, págs. 2-43.

Walton, W. R., «Lombrices de tierra como plaga y demás», Boletín de agricultores n.° 1.569 Dept. de Agric, de EE.UU. (1928).

Wright, Bruce S., «La reproducción de los picamaderos en áreas pulverizadas con DDT en Brunswick», «Jour. Administración Vida Silvestre», Vol. 24 (1960) n.° 4, págs. 419-20.

Dexter, R. W., «Lombrices de tierra en la dieta invernal del oposum y el mapache», «Joum. de los mam.», Vol. 32 (1951), pág. 464.

Wallace, «Mortandad de las aves por el programa de control de la enfermedad holandesa del olmo», págs. 110-111.

«Coordinación de los programas plaguicidas», declaración de George J. Wallace, pág. 10.

Wallace, «Insecticidas y pájaros».

Bent, Arthur C., «Historia de los arrendajos, cuervos y paros de Norteamérica». Inst. Smithsonian. Boletín del Museo de Hist. Nat. de EE.UU., n. ° 191 (1946).

MacLellan, C. R., «El control de los picamaderos sobre la polilla de la manzana en los huertos de Nueva Escocia», «Atlantic Naturalist», Vol. 16 (1961), n.° 1, págs. 17-25.

Knight, F. B. «Los efectos del picamadero sobre las colonias del escarabajo del abeto de Engelmann», «Jour. Econ. Ent», Vol. 51 (1958), páginas 603-7.

Cárter, J. C., «A la autora»; junio 16, 1960.

Seeney, Joseph A., «A la autora», marzo, 7, 1960.

Welch, D. S. y J. G. Matthysse, «Control de la enfermedad holandesa del olmo en el Estado de Nueva York», Colegio de Agricultura del Estado de N. Y., Comell Ext. Bulletin n.° 932 (junio 1960) págs. 3-16.

Matthysse, J. G., «Valoración del pulverizador y la salubridad en los programas de control de la enfermedad holandesa del olmo», Colegio de Agric, del Estado de N. York, Cornell Ext. Bulletin n.° 30 (julio 1959), págs. 2-16.

Miller, Howard, «A la autora», en. 17 1962.

Matthysse, «Valoración del pulverizador y la salubridad».

Elton, Charles S., «La ecología de las invasiones de animales y plantas» N. York: Wiley, 1958.

Broley, Charles E., «El águila calva de Florida», «Atlantic Naturalist», julio 1957, págs. 230-231.

«El compromiso del águila calva americana», Audubon Mag., julio ag. 1958, págs. 162-63.

«La decadente águila calva americana consigue defensor», «Florida Naturalist», abril 1959, pág. 64.

Cunningham, Richard L. «El estado del águila calva en Florida». «Audubon

Mag.», en. feb. 1960, pág. 24-43.

MacLaughlin, Frank, «El águila calva vigilada en Nueva Jersey», «New Jersey Nature News», Vol. 16 (1959), n.° 2, pág. 25 Informe interino, Vol. 16 (1959) n.° 3, pág. 51.

Broun, Maurice, «A la autora», mayo, 22, 30,1960.

Beck, Herbert H. «A la autora», jul. 30, 1959.

Rudd, Robert L., y Richard E. Genelly, «Plaguicidas: su uso y toxicidad en relación con la vida silvestre». Calif. Dept. de Pesca y caza. Bulletin n.° 7 (1956) pág. 57.

DeWitt, James B., «Efectos de *los* insecticidas de hidrocarburos perclóricos en perdices y faisanes», «Jour. Agric, y Alim. Quím», Vol. 3 (1955) n.° 8, pág. 672.

«Intoxicación crónica por algunos insecticidas perclóricos en codornices y faisanes», «Jour. Agric, y Alim. Quím.» Vol. 4 (1956), n.° 10, pág. 863.

Imler, Ralph H., y E. R. Kalmbach, «El águila calva y su economía», Circular del Servicio de Pesca y Vida Silvestre n.° 30, de EE.UU. (1955).

Mills, Herbert R., «Muerte en los marjales de Florida», «Mag Audubon», sep.-oct. 1952.

«Bulletin» de la Unión Internacional para conservación de la naturaleza. mayo y oct. 1957.

«La muerte de aves y mamíferos relacionada con los productos químicos tóxicos en la primera mitad do 1960». Informo n.° 1 del Trust Británico de Ornitología y la Real Sociedad para la protección de aves. Com. sobre los químicos tóxicos, Real Soc. Protec. Aves.

«Sexto Informe» del dictamen de la Com. de Pesquerías y Alimentos Sess. 1960-61, House of Commons.

Christian Garth, «¿Matan a los zorros las semillas pulverizadas?», «Country Life», en. 12 1961.

Rudd, Robert L., y Richard E. Genelly, «Mortandad avícola por DDT en los arrozales de California», «Cóndor», Vol. 57 (marzo abril 1955) págs. 117-18.

Rudd y Genelly, «Plaguicidas».

Dykstra, Walter W. «Molestias del control avícola», «Audubon Mag.», ma. jun. 1960, págs. 118-19.

Buchheister, Carl W., «¿Qué hay del problema de los pájaros?» «Audubon Mag.» mayo-junio 1960, págs. 116-18.

Quinby, Griffith E., y A. B. Lemmon, «Residuos de paratión como causa de envenenamiento de los trabajadores agrícolas», «Jour. Am. Asociación Méd.» Vol. 166 (feb. 15 1958) págs. 740-46.

Capítulo 9: Ríos de muerte

Kerswill, C. J. «Efectos de las pulverizaciones de DDT en New Brunswick sobre las futuras riadas de salmones adultos» «Atlantic Advócate», Vol. 48 (1958) págs. 65-68.

Keenleyside, M. H. A. «Insecticidas y vida silvestre», «Canadian Audubon» Vol. 21 (1959) n.° 1. págs. 1-7.

«Efectos del control de la oruga del abeto sobre el salmón y otros peces de New Brunswick» «Canadian Fish Culturist», Pub. 24 (1959) págs. 17-22.

Kerswill, C. J. «Investigación y dirección del salmón atlántico en 1956» (también para 1957, 1958, 1959-60; en 4 partes). Com. Federal Provincial Coordinada para el salmón atlántico (Canadá).

«Efectos de la pulverización de DDT en bosques, sobre insectos acuáticos de ríos de salmones» «Transacción» Am. Fisheries Soc., Vol. 86 (1956) págs. 208-19.

Kerswill, C. J. «A la autora», mayo 9 1961.

—«A la autora», junio, 1 1961.

Warner, Kendall y O. C. Fenderson, «Efectos de las pulverizaciones contra insectos en las truchas de río de Maine del Norte». Main, Departamento de Pesquerías de agua dulce y caza. Mimeo, sin fecha.

Alderdice, D. F. y M. E. Worthington, «Toxicidad de pulverizaciones forestales con DDT para el salmón joven», «Canadian Fish Culturist», Issue 24 (1959) págs. 41-48.

Hourston, W. R. «A la autora», 23 mayo 1961.

Graham., R. J. y D. O. Scott, «Efectos de pulverizaciones insecticidas en los bosques sobre la trucha y los insectos acuáticos en algunos ríos de Montana.» Final Reprt. Dep. de Pesca y Caza del Estado de Montana, 1958.

Graham R, J., «Efectos de pulverizaciones insecticidas en los bosques, sobre la trucha e insectos acuáticos en algunos ríos de Montana», en «Problemas biológicos de la contaminación del agua». Transacciones, 1959, seminar. Informe técnico W60-3 del Servicio de Salud Pública de EE.UU.

(1960).

Crotter, R. A., y E. H. Vemon, «Efectos del control de la oruga de cabeza negra sobre el salmón y la trucha en la Columbia Británica», «Canadian Fish Culturist», Pub. 24 (1959), págs. 23-40.

Whiteside, J. M. «Control de la oruga del abeto en Oregón y Washington, 1949-1956), «Proc.», 10.° Congre. Intern. de Entomól. (1956) Vol. 4 (1958), págs. 291-302.

«Contaminación que causó la muerte de peces en 1960». Servicio de Salud

Pública de EE.UU., n.° 847. (1961) págs. 1-20.

«Anzuelos de EE.UU. —Tres mil millones de dólares» Sport Fishing Inst. Bull. n.° 119 (oct. 1961).

Powers, Edward (Of. de Pesquerías *Comer*.), «A la autora».

Rudd, Robert L, y Richard E. Genelly, «Plaguicidas: su uso y toxicidad en relación con la vida silvestre». Calif. Dept. de Pesca y Caza, Boletín de Caza n.° 7 (1956), pág. 88.

Biglane, K. E„ «A la autora», mayo 8 1961.

Reléase n.° 58-38, Penna, Fish Commission, Dec. 8,1958.

Rudd y Genelly, «Plaguicidas», pág. 60.

Henderson, C. «La toxicidad relativa de diez insecticidas de hidrocarburos perclóricos para cuatro especies de peces», documento presentado en la 88 reunión anual amer. de Soc. Pesqueras (1958).

«El programa de descaste de la hormiga encendida y cómo afecta a la vida silvestre», tema de «Proc. Symposium», 12.ª Conferencia anual de Asociaciones de apoderados de Caza y Pesca del Sudeste, Louisville, Ky. (1958) Pub. por la Asoc. Columbia, S. C., 1958.

«Efectos del programa de descaste de la hormiga encendida en la vida silvestre» —Informe, Servicio de Pesca y vida silvestre de EE.UU., mayo 25 1958. Mimeo.

«Revista Plaguicida-Vida silvestre» 1959. Of. de Pesca deportiva y Circular de Vida Silvestre n.° 84 (1960) Servicio de Pesca y Vida silvestre de EE.UU., págs. 1-36.

Baker, Maurice F., «Observaciones acerca de los efectos de una aplicación de heptacloro o dieldrín sobre la vida silvestre», en «Proc. Symposium», págs. 18-20.

Glasgow, L. L., «Estudios sobre los efectos del programa de control de la hormiga encendida, sobre la vida silvestre de Louisiana», en «Proc. Symposium», págs. 24-29.

«Pesticide-Wildlife Review, 1959.»

«Progreso en las investigaciones sobre pesquerías deportivas, 1960». Of. de Pesca deportiva y vida silvestre, Circular 101 (1960), Servicio de Pesca y Vida silvestre de EE.UU.

«Resolución opuesta al programa Hormiga-encendida, pasada por la Sociedad Americana de Ictiólogos y Herpetólogos», «Copeia» (1959), n.° 1, pág. 89.

Young L. A., y H. P. Nicholson, «Ríos de contaminaciones resultantes de usar insecticidas orgánicos», «Progressive Fish Culturist», Vol. 13 (1951) n.° 4, págs. 193-98.

Rudd y Genelly, «Plaguicidas».

Lawrence, J. M. «Toxicidad de algunos insecticidas nuevos para varias especies de peces de estanque», «Progressive Fish Culturist», Vol. 12 (1950), n.° 4, págs. 141-46.

Pielow, D. P., «Efectos letales del DDT en peces jóvenes», «Nature», Vol. 158 (1946), n.° 4.011, pág. 378.

Herald, E. S. «Notas sobre los efectos de las pulverizaciones oleosas de DDT distribuidas por avión, sobre ciertos peces filipinos», «Jour. Wildlife Management», Vol. 13 (1949), n.° 3, pág. 316.

«Informe sobre la investigación de peces muertos en el río Colorado, enero 1961», Comisión de Pesca y Caza de Texas, 1961. Mimeo.

Harrington, R. W. Jr., y W. L. Bidlingmayer, «Los efectos del dieldrín en peces e invertebrados de una marisma», «Jour. Wildlife Management», Vol. 22, (1958), n.° 1, págs. 76-82.

Mills, Herbert R., «Muerte en los marjales de Florida», «Audubon Mag.» sept. oct. 1952.

Springer Paul F. y John R. Webster, «Efectos del DDT en la vida silvestre de las marismas. 1949», Informe Científico del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE.UU. n.° 10 (1949).

John C. Pearson, «A la autora».

Butler, Phillip A., «Efectos de los plaguicidas sobre las pesquerías comerciales», «Proc.», 13.‘ Sesión Anual (nov. 1960) del Inst. de Pesquerías del Caribe y del Golfo, págs. 168-71.

Capítulo 10: Sin discriminación desde los cielos

Perry, C. C. «Programa de avalúo del exterminio de la polilla egipcia», «Anuario de Agricultura», Dep. de Agric, de EE.UU., Technical Bulletin n.° 1.124 (oct. 1955).

Croliss, John M., «La polilla egipcia», «Anuario de Agricultura», Dep. de Agric, de EE. UU.(1952, págs. 694-98.

Worrell, Albert C., «Plagas. Plaguicidas y Personas», sacado de «Am. Forests Mag.», julio de 1960.

Clausen, C. P., «Parásitos y rapaces», «Anuario de Agricultura», del Dep. de Agricult. de EE.UU., 1952, págs. 380-88.

Perry, «Tasación del *Programa contra* la polilla egipcia».

Worrell, «Plagas, Plaguicidas y Personas».

«USDA Realización de un esfuerzo a gran escala para exterminar la polilla egipcia», de la Prensa, Dept. Agric, de EE.UU., 20 mar. 1957.

Worrell, «Plagas, Plaguicidas y Personas».

«Robert Cushman Murphy y otros, contra Ezra Taft Benson y otros». U. S. District Court, Eastem District of New York, oct. 1959. Civ. n.° 17.510.

«Murphy y otros, contra Benson y otros» Solicitud de un mandamiento de certificación al Tribunal de Apelaciones de EE.UU. para la Segunda vuelta, oct. 1959.

Waller, W. K. «Veneno sobre la tierra», «Audubon Mag.», mar.-abr. 1958, págs. 68-71.

«Murphy y otros, contra Benson y otros», Informe del Tribunal Supremo de EE.UU. Casos registrados, n.° 662, mar. 28 1960.

Waller, «Veneno sobre la tierra».

«Publicación americana sobre las abejas», junio 1958, pág. 224.

«Murphy y otros, contra Benson y otros», Tribunal de Apelaciones de EE.UU. Segunda vuelta. Alegato para el demandado-Apelante Butler, n.° 25.448, mar. 1959.

Brown, William L. Jr., «Programa del control masivo de insectos; cuatro casos históricos», «Psyche», Vol. 68 (1961), núms. 2-3, págs. 75-111.

Arant F. S., «Hechos sobre la hormiga encendida importada», «Highlights of Agric. Research», Vol. 5 (1958), n.° 4.

Brown, «Programas de control masivo de insectos».

«Plaguicidas: ¿El erizo en peligro?» «Semana Química», feb. 8, 1958, pág. 97.

Arant et al., «Hechos sobre la hormiga encendida importada».

Byrd, I. B., «¿Cuáles son los efectos marginales del programa de control de la hormiga encendida importada?», en «Problemas biológicos de la contaminación de las aguas». Transactions, 1959 seminar. Informe Técnico W60-3 (1960) del Servicio de Salud Pública de EE.UU., págs. 46-50.

Hays, S. B. y K. L. Hays, «Costumbres de alimentación de la «Solenopsis saevissima richteri», «Jour. Econ. Entomól.», Vol. 52 (1959), n. 3, págs. 455-57.

Caro, M. R. «Reacciones de la piel a la picadura de la hormiga encendida importada», A.M.A. «Archivos de Dermat.», Vol. 75 (1957), págs. 475-88.

Byrd, «Efectos marginales del programa contra la hormiga encendida».

Baker, Maurice F., en «Virginia Wildlife», nov. 1958.

Brown, «Programas del control masivo de insectos».

«Revista Plaguicida-Vida Silvestre» 1959, Ofic. Pesca deportiva y Vida Silvestre, Circular 84 (1960). Servicio de Pesca y Vida Silvestre, págs. 1-36.

El programa de descaste de la hormiga encendida y cómo afecta a la vida silvestre», objeto de un «Proc. Symposium», 12. Conferencia Anual de la Asoc. de Representantes de Pesca y Caza del Sudeste, Louisville, Ky. (1958). Pub. por

la Asoc., Columbia, S. C., 1958.

Wright, Bruce S., «Reproducción del picamadero en las áreas pulverizadas con DDT de New Brunswick», «Jour. Wildlife Management», Vol. 24 (1960), n. 4, págs. 419-20.

Clawson Sterling G., «El descaste de la hormiga encendida... y la codorniz», «Conservación de Alabama», Vol. 30 (1959), n. 4, pág. 14.

Rosene, Walter, «La gallipava cuenta en relación con la codorniz de zarcillos blancos en las áreas tratadas con insecticidas y en las no tratadas, Condado Decatour, Georgia», en «Proc. Symposium», págs. 14-18.

«Pesticide-Wildlife Review», 1959.

Cottam, Clarence, «El uso incontrolado de plaguicidas en el Sudeste», comunicado a la Asoc. de Representantes y Conservadores de Pesca y Caza del Sudeste, oct. 1959.

Poitevint, Otis, L. Comunicado a la Feder. de Deportistas de Georgia, oct. 1959.

Ely, R. E. «Excreciones de heptacloro epóxido en la leche fresca de las vacas alimentadas con forraje pulverizado con heptacloro», «Jour. Dairy Sci.», Vol. 38 (1955), n. 6, págs. 669-72.

Gannon N. «Almacenamiento de dieldrín en los tejidos y su excreción en la leche de las vacas alimentadas con dietas mezcladas con dieldrín», «Jour. Agric, and Food Chem.», Vol. 7, n. 12 págs. 824-32.

«Recomendaciones para el uso de insecticidas en 1961 de la División de Investigaciones entomológicas para el control de Insectos dañinos para las cosechas y el ganado», «Dep. de Agric, de EE.UU. Manual n.° 120 (1961).

Peckinpaugh, H. S. (Ala. Dept. de Agric, e Indust.) «A la autora», 23 mar. 1959.

Lakey, F. J. (Texas, Dept. de Sanidad) «A la autora», 23 marzo 1959.

Davidow, B. y J. L. Radomski, «Metabolismo del heptacloro, su análisis, almacenamiento y toxicidad», «Federation Proc.», Vol. 11 (1952) n.° 1, pág. 336.

«Administración de Alimentos y Drogas», EE.UU., Dept. de Sanidad, Educ. y Bienestar, en «Federal Register», oct. 27 1959.

Burgess, E. D. (Dept. Agric. EE.UU.), «A la autora», 23 de junio de 1961.

«El control de la hormiga encendida es un tópico de conferencias»; «Beaumont (Texas) Journal», sept. 24 1959.

Newsom, L„ D. (Head, Entomól. Research, La. State Univ.), «A la autora», 23 de mar. de 1962.

Green, H. B. y R. E. Hutchins, «Método económico para el control de la hormiga encendida importada en pastos y campos». Hoja 586 (mayo 1958) de la Estación de Información de la Univ. Agric. Exper. del Estado de Mississ.

Capítulo 11: Más allá de los sueños de los Borgia

«Sustancias químicas en productos alimenticios», «Hearings», 81.° Congreso H. R., 323, Com. para investigar el uso de sustancias químicas en productos alimenticios, Pt. I, (1950), págs. 388-90.

«Polillas de la ropa y escarabajos de las alfombras», Dept. de Agricultura de EE.UU. Boletín del Hogar y el Jardín n.° 24 (1961).

Mulrennan, J. A., «A la autora», 15 marzo, 1960.

«New York Times». 22 mayo 1960.

Petty, Charles S., «Envenenamientos por insecticidas de fosfato orgánico. Efectos residuales en dos casos». «Am. Jour. Méd.», Vol. 24 (1958), págs. 467-70.

Miller, A. C., «¿Lee la gente las etiquetas de los insecticidas domésticos?», «Soap and Chem. Specialties» Vol. 34 (1958), n.° 7, págs. 61-63.

Hayes, Wayland J., Jr.(«Almacenamiento de DDT y DDE en la gente con diferentes grados de contacto con el DDT», A.M.A. «Archives Indus. Health», Vol. 18 (nov. 1958) págs. 398406.

Walker, Kenneth C., «Residuos de plaguicidas en alimentos. Diclorodifeniltricloroetano y diclorodifenildicloroetileno contenidos en comidas guisadas», «Jour. Agric, and Food Chem.», Vol. 2 (1954), n.° 20, páginas 1.034-37.

Hayes, Wayland Jr„ «El efecto de conocidas y repetidas dosis orales de clorofenotano (DDT) en el hombre». «Jour. Am. Méd. Assn.» Vol. 162 (1955), n.° 9, págs. 890-97.

Milstead, K. L., «Luces altas en varias áreas donde se da cumplimiento a la ley», comunicado a la 64.» Conf. An. de la Asoc. de Función, de Alimentos y Drogas de EE.UU., Dallas (junio 1960).

Durham, William, «Contenido de insecticidas en la dieta y cuerpos grasos de los indígenas de Alaska», «Science», Vol. 134 (1961), n.° 3.493, págs. 1.880-81.

«Plaguicidas-1959», «Jour. Agric, and Food Chem.», Vol. 7 (1959), n.# 10, págs. 674-88.

«Annual Reports», Depart. de Sanidad, Educación y Bienestar de la Administración de Alimentos y Drogas de EE.UU., para 1957, págs. 196-197; 1965, pág. 203.

Markarian, Haig, «Residuos de insecticidas en alimentos sujetos a rociadas bajo condiciones simuladas de almacenamiento», «Abstracts», 135. Reunión Amer. de Quím. Soc. (abril 1959).

Capítulo 12: El precio humano

Price, David E., «¿Se ha atrofiado el hombre?», «Public Health Reports», Vol. 74 (1959), n.° 8, págs. 693-99.

«Informe de los problemas ambientales», «Hearings», 86.° Congreso del Sube, de la Com. de Incautac.

René Dubos, «Espejismo de la Salud», New York: Harper 1959. Series perspectivas del mundo, pág. 171.

«Investigación médica; examen de medio siglo». Vol. 2, «Problemas clínicos sin resolver en la perspectiva biológica». Boston: Little, Brown, 1955. pág. 4.

«Sustancias químicas en Productos alimenticios», Hearings, 81.° Congreso H. R. 323, Com. para investigar el uso de sustancias químicas en productos alimenticios, 1950, pág. 5. Declaración de A. J. Carlson.

Paul, A. H. «Envenenamiento por dieldrín —Informe de un caso», «New Zeland Méd. Jour.», Vol. 58 (1959), pág. 393.

«Almacenamiento de insecticidas en el tejido adiposo», editorial, «Jour. Am. Méd. Assn.», Vol. 145 (marzo 10 1951), págs. 735-36.

Mitchell, Philip H., «Libro de texto de fisiología general». Nueva York: McGraw-Hill, 1956, 5.ª ed.

Miller, B. F., y R. Goode, «El hombre y su cuerpo: las maravillas del mecanismo humano». Nueva York: Simón y Schuster, 1960.

Dubois, Kenneth P., «Potenciación de la toxicidad de los insecticidas de fosfatos orgánicos», A.M.A. «Archives Indus. Health», Vol. 18 (dic. 1958) págs. 488-96.

Gleason, Marion, «Toxicología clínica de los Productos comerciales», Baltimore: Williams and Wilkins, 1957.

Case, R. A. M. «Efectos tóxicos del DDT en el hombre», «Brit. Méd. Jour.» Vol. 2 (dic. 15 1945), págs. 842-45.

Wigglesworth, V. D., «Un caso de envenenamiento por DDT en el hombre», «Brit. Méd. Jour.», Vol. 1 (ab. 14 1945), pág. 517.

Hayes, Wayland Jr., «El efecto de conocidas y repetidas dosis orales de clorofenotano (DDT) en el hombre», «Jour. Am. Méd. Assn.», Vol. 162 (oct. 27 1956), págs. 890-97.

Hargraves, Malcolm M., «Plaguicidas químicos y problemas de conservación». Comunicado a la 23.ª Conv. Anual de la Fed. Natl. Wildlife. (feb. 27 1959). Mimeo.

Hargraves y D. G. Hanlon, «Leucemia y linfoma ¿enfermedades

ambientales?», documento presentado al Congreso Internacional de Hematología, Japón, sept. 1960. Mimeo.

«Sustancias químicas en Productos alimenticios», «Hearings», 81.° Congreso H. R. 323, Com. para investigar el uso de sustancias químicas en Productos alimenticios, 1950. Declaración del Dr. Morton S. Biskind.

Thompson, R. H. S., «Colinesterasas y anticolinesterasas», «Conferencias sobre los fundamentos científicos de la Medicina», Vol. II (1952-53), Univ. de Londres. Londres: Athlone Press, 1954.

Laug, E. P. y F. M. Keenz, «Efecto del carburo tetraclorhídrico en la intoxicación y almacenamiento de metoxicloro en la rata», «Fed. Proc.», Vol. 10 (mar. 1951), pág. 318.

Hayes, Wayland J. Jr., «La toxicidad del dieldrín en el hombre», «Bolet. Org. Mund. de la Salud», Vol. 20 (1959), págs. 891-912.

«Abuso de los aparatos de fumigación insecticida», «Jour. Am. Méd. Assn.», Vol. 156 (oct., 9 1954), págs. 607-8.

«Sustancias químicas en Productos alimenticios». Declaración del doctor Paul B. Dunbar, págs. 28-29.

Smith M. I. y E. Elrove, «Estudios farmacológicos y químicos en la causa de la llamada Parálisis del Jengibre», «Public Health Reports», Vol. 45 (1960), págs. 1.703-16.

Durham, W. F., «Efectos de parálisis y similares de ciertos compuestos de fósforo orgánico», A.M.A. «Archives Indus. Health», Vol. 13 (1956), págs. 326-30.

Bidstrup, P. L. «Anticolinesterasas (parálisis en el hombre a consecuencia de envenenamiento por inhibidores colinesterásicos», «Chem. and Indus.», Vol. 24 (1954), págs. 674-76.

Gershon, S., y F. H. Shaw, «Secuelas psiquiátricas del contacto crónico con insecticidas organofosfóricos», «Lancet», Vol. 7.191 (junio 24 1961), págs. 1.371-74.

Capítulo 13: A través de una estrecha ventana

Wald, *George*, «Vida y luz», «Sci. American», oct 1959, págs. 40-42.

Rabínowitch, E. I. Copiado en «Medical Research»: «Examen de medio siglo». Vol. 2, «Problemas clínicos sin resolver en la perspectiva biológica». Boston: Little, Brown, 1955. pág. 25.

Emster, L. y O. Lindberg, «Mitocondría animal», «Annual Rev. Physiol.», Vol. 20 (1958), págs. 13-42.

Siekevitz, Philip, «Potencia almacenada en la célula», «Sci. American»,

Vol. 197 (1957), n.° 1, págs. 13140.

Green. David E., «Oxidación biológica», «Sci. American», Vol. 199 (1958) n.° 1, págs. 56-62.

Lehninger, Albert L., «Transformación de energía en la célula», «Sci. American», Vol. 202 (1960), n.° 5 págs. 102-114.

«Fosforación oxida ti va». Hervey Lectures (1953-54). Ser. XLIX, Harvard University. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1955, págs. 176-215.

Siekewitz, «Potencia de la célula».

Simón E. W., «Mecanismo de la toxicidad del dinitrofenol».

Yost, Henry T. y H. H. Robson «Estudios de los efectos de la radiación de las partículas celulares. III. El efecto de los tratamientos combinados de radiación en la fosforitación». «Biol. Bull». Vol. 116 (1959) n.° 3. páginas. 498-506.

Loomis, W. F. y Lipmann, F., «Inhibición reversible de la conjunción entre fosforitación y oxidación». «Jour. Biol. Chem.», Vol. 173 (1948) págs. 807-8.

Brody, T. M. «Efecto de la sustancia de ciertas plantas adultas en la fosforitación oxidativa en la mitocondría del hígado de la rata», «Proc. Soc. Exper. Biol. and Méd.», Vol. 80 (1952), págs. 377-78.

Danziger, L., «La anoxia y compuestos, causa de desórdenes mentales en el hombre», «Enfermedades del sistema nervioso», Vol. 6 (1945) n.° 12, págs. 365-70.

Sacklin, J. A., «Efecto del DDT en la oxidación enzimática y la fosforitación», «Science», Vol. 122 (1955), págs. 377-78.

Goldbaltt, Harry y G. Cameron, «Malignidad producida en las células del miocardio de la rata sujeta a anaerobiosis intermitente durante larga preparación in vitro», «Jour. Exper. Méd.», Vol. 97 (1953), n.° 4, páginas 525-52.

Warburg, Otto, «Sobre el origen del cáncer en las células», «Science», Vol. 123 (1956), n.° 3.191, págs. 309-14.

«Malformaciones congénitas sujetas a estudio», «Registrar», Servicio de Salud Pública de EE.UU., Vol. 24, n. 12 (dic. 1959) pág. 1.

Brachet, J. «Bioquímica citológica», New York: Academic Press, 1957. pág. 516.

Genelly. Richard E. y Robert L. Rudd, «Efectos del DDT, toxafene y dieldrín en la reproducción del faisán». «Auk», Vol. 73 (oct 1956), páginas 529-39.

Wallace, George J., «A la autora», junio, 2 1960.

Cottam, Clarence, «Algunos efectos de las pulverizaciones en cosechas y ganado», dirigido a la Soc. de Conservación del suelo de Amér., agosto 1961. Mimeo.

Bryson, M. J., «DDT en huevos y tejidos de aves alimentadas con dosis diversas de DDT», «Avances in Chem.», Ser. n. 1, 1950.

Genelly, Richard E., y Robert L. Rudd, «Toxicidad crónica de los faisanes de collar por DDT, toxafene y dieldrín». «Calif. Pesca y Caza», Volumen 42 (1956), n.° 1, págs. 5-14.

Emmel, L. y M. Krupe, «El modo de actuar del DDT en animales de sangre caliente», «Zeits. für Naturforschung», Vol. 1 (1946), págs. 691-95.

Wallace, George J., «A la autora».

Pillmore, R. E„ «Residuos de insecticidas en grandes piezas de caza», EE.UU., Servicio de Pesca y Vida Silvestre, págs. 1-10. Denver, 1961. Mimeo.

Hodge, C. H., «Corto tiempo de toxicidad oral en pruebas con metoxicloro en ratas y perros», «Jour. Pharmacol. and Exper. Therapeut.», Volumen 99 (1950), pág. 140.

Burlington, H. y V. F. Lindeman, «Efectos del DDT en los testículos y caracteres sexuales secundarios en los pollos Leghorn blancos», «Proc. Soc. Exper. Biol. and Méd.», Vol. 74 (1950), págs. 48-51.

Lardy H. A. y P. H. Philips, «Los efectos en el metabolismo de la esperma, de la tiroxina y el dinitrofenol», «Jour. Biol. Chem.», Vol. 149 (1943), pág. 177.

«Oligospermia profesional», carta al editor, «Jour. Am. Méd. Assn.», Vol. 140, n.° 1249 (agosto, 13, 1949).

Burnet F. Macfarlane, «La leucemia como problema de Medicina Preventiva», «New Eng. Jour. Méd.», Vol. 259 (1958), n.° 1, págs. 99-108.

Alexander, Peter, «Sustancias químicas que imitan la radiactividad», «Sci. American», Vol. 202 (1960), n.° 1, págs. 99-108.

Simpson, George G., C. S. Pittendrigh y L. H. Tiffany, «Vida: Introducción a la Biología». New York: Harcourt, Brace, 1957.

Bumet, «La leucemia como problema de Medicina Preventiva».

Bearn, A. G. y J. L. Germán III, «Cromosoma y enfermedad», «Sci. American», Vol. 205 (1961), n.° 5, págs. 66-76.

«La naturaleza de la lluvia radiactiva y sus efectos en el hombre», «Hearings», 85.° Congreso, Com. Conjunta de Energía Atómica, Pt. 2 (junio 1957), pág. 1062. Declaración del Dr. Hermann J. Muller.

Alexander, «Sustancias químicas que imitan la radiactividad».

Muller, Hermann J., «Radiaciones y mutaciones humanas», «Sci. American», Vol. 193 (1955), n.° 11, págs. 58-68.

Conen, P. E. y G. S. Lansky, «Daños en el cromosoma durante la terapéutica de mostaza nitrogenada». «Brit. Med. Jour.», Vol. 2 (oct. 21, 1961), págs. 1055-57.

Blasquez, J. y J. Maier, «Ginandromorfismo en "Culex fatigans” sometidos

por generaciones sucesivas a exposiciones de DDT», «Revista de Sanidad y Asistencia Social» (Caracas), Vol. 16 (1951), págs. 607-12.

Levan, A. y J. H. Tjio, «Inducción a fragmentación del cromosoma por los fenoles», «Hereditas», Vol. 34 (1948), págs. 453-84.

Loveles, A. y S. Revell, «Nueva evidencia en la manera de actuar de los venenos mitóticos», «Nature», Vol. 164 (1949), págs. 938-44.

Hadom, E., «Anotaciones por Charlotte Auerbach de "Mutagénesis química"», «Biol. Rev.», Vol. 24 (1949), págs. 355-91.

Vogt, copiado por W. J. Burdette en «El significado de las mutaciones en relación con el origen de los tumores: Revisión», «Cáncer Research», Vol. 15 (1955), n.° 4, págs. 201-26.

Swanson, Carl, «Citología y Citogenéticos». Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1957.

Kostoff, D., «Inducción a cambios citogénicos y crecimiento anormal por hexaclorcicloexano», «Science», Vol. 109 (mayo, 6, 1949), págs. 476-68.

Sass, John E., «Respuesta al problema de las semillas al benzeno hexaclórico usado como protector de las siembras», «Science», Vol. 114 (nov. 2, 1951), pág. 466.

Shenefelt, R. D., «¿Qué hay tras el control insectil?», en «What's New in Farm Science». Univ. de Wisc. Agric. Exper. Station Bulletin 512 (enero 1955).

Croker, Bárbara H., «Efectos del 2, 4-D y 2, 4, 5-T en la invasión de gorgojos de la «Allium Cepa», «Bot. Gazette», Vol. 114 (1953), páginas 274-83.

Mühling, G. N., «Efectos citológicos del herbicida sustituto de los fenoles». «Weeds», Vol. 8 (1960), n.° 2, págs. 173-81.

Davis, David E., «A la autora», Nov. 24, 1961.

Jacobs, Patricia A., «Los cromosomas somáticos en el mogolismo», «Lancet», n.° 7075 (4 abril, 1959), pág. 710.

Ford, C. E. y P. A. Jacobs, «Cromosomas somáticos humanos», «Nature», 7 junio, 1958, págs. 1565-68.

«Anormalidad cromosómica en la leucemia crónica mieloide», editorial, «Bri. Méd. Jour.», Vol. 1 (febrero, 4, 1961), pág. 347.

Beam y Germán, «Cromosomas y enfermedad».

Patau, $K._t$ «Síndromes trismódicos parciales. I. Sturge-Weber (enfermedad)», «Am. Jour. Human Genetics». Vol. 13 (1961), n.° 3, págs. 287-98.

«Síndromes trismódicos parciales. II. Una inoculación como causa del síndrome OFD en madre e hija». «Cromosoma» (Berlín), Vol. 12 (1961) págs. 573-84.

Therman, E., «El síndrome trismódico parcial y el XO disgenesis gonadal en dos hermanas», «Am. Jour. Human Genetics», Vol. 13 (1961), n.° 2, págs. 193-204.

Capítulo 14: Uno de cada cuatro

Heper, W. C., «Los más nuevos desarrollos del cáncer profesional y ambiental», A. M. A., «Archives Inter. Méd.», Vol. 100 (*sept. 1957*), páginas 487-503.

Id., «Tumores profesionales y enfermedades afines», Springfield, III.: Thomas, 1942.

Id., «Peligros del cáncer ambiental: problema sanitario de la colectividad», «Southern Méd. Jour.», Vol. 50 (1957), n.° 1, págs. 923-33.

«Cálculo de número de muertes y promedio de fallecimientos por causas especiales: Estados Unidos», Sumario anual para 1959, Pt. 2, «Monthly Vital Statistics Report», Vol. 7, n.° 13 (22 de julio de 1959), pág. 14. Oficina Nac. de Estadísticas Vitales. Servicio Público de Sanidad.

«1962. Hechos y cifras del cáncer», American Cancer Society.

«Estadísticas vitales de Estados Unidos, 1959». Oficina Nacional de Estadísticas Vitales, Servicio Público de Sanidad. Vol. I, See. 6, Estadísticas de Mortalidad, Tabla 6-K.

Hueper, W. C., «Cáncer profesional y ambiental». Informes de Sanidad Pública, Suplemento 209 (1948).

«Añadidos a los alimentos», «Hearings» 85.° Congreso, Subcom. de la Com. de Comercio entre Estados y con el extranjero, 19, julio 1957. Declaración del Dr. Francis E. Ray, pág. 200.

Hueper, «Tumores profesionales y enfermedades afines».

Id., «Papel potencial de los añadidos no nutritivos a los alimentos y contaminantes cancerígenos ambientales», A. M. A. «Archives Path.», Vol. 62 (sept. 1956), págs. 21849.

«Tolerancia de residuos de aramita», «Federal Register», Sept. 3, 1955. Administración de Alimentos y Drogas, Dept. de Sanidad, Educación y Bienestar de EE.UU.

«Informe de la proposición de establecer Tolerancia Cero para la aramita», «Federal Register», abril, 26, 1958. Administración de Alimentos y Drogas.

«Aramita». «Revocación de tolerancias. Institución de Tolerancia Cero», «Federal Register», Die., 24, 1958. Administración de Alimentos y Drogas.

Van Oettingen, W. F., «Los hidrocarburos halogenados, alifáticos, olefínicos, cíclicos, aromáticos y alifático-aromáticos: incluidos los insecticidas

halogenados, su toxicidad y riesgos potenciales», Dept. de Sanidad, Educación y Bienestar. Servicio Público de Sanidad Púb., n.° 414 (1955).

Hueper, W. C. y W. W. Payne, «Observaciones sobre la presentación de hematomas en la trucha arco iris», «Jour. Natl. Cancer Inst», Vol. 27 (1961), págs. 112343.

Van Esch, G. J., «La producción de tumores en la piel de la rata por tratamiento oral con uretano-isopropil-N-fenil carbamida o isopropil-N-clorofenil carbamida en combinación con pintura de la piel de aceite crotón y gemelos 60», «Brit. Jour. Cáncer.», Vol. 12 (1958), págs. 355-62.

«Panorama científico de la acción de la Administración de Alimentos y Drogas contra el aminotriazol en las frambuesas». Administración de Alimentos y Drogas, EE.UU., Dep. de Sanidad, Educación y Bienestar, nov., 17, 1959. Mimeo.

Rutstein, David, Carta al «New York Times», 16, nov., 1959.

Hueper, W. C., «Aspectos causales y preventivos del cáncer ambiental», «Minnesota Méd.», Vol. 39 (enero 1956), págs. 5, II, 22.

«Cálculo de número de muertes y promedio de fallecimiento» por causas especiales: Estados Unidos», Sumario Anual para 1960. Pt 2, «Monthly Vital Statistics Report», Vol. 9, n.° 13 (28, julio, 1961), Tabla 3.

«Robert Cushman Murphy y otros, contra Ezra Taft Benson y otros», EE.UU. Tribunal de Distrito, Distrito Este de Nueva York, oct. 1959, Civ. n.° 17.610. Declaración del Dr. Malcolm M. Hargraves.

Hargraves, Malcolm H., «Problemas de insecticidas químicos y Conservación». Comunicación a la 23. Conv. anual «Natl. Wildlife Fed.», (feb., 27. 1959). Mimeo.

Id. y D. G. Hanlon, «Leucemia y linfoma, ¿enfermedades ambientales?», documento presentado al Congreso Intem. de Hematología, Japón, sep. 1960. Mimeo.

Wright, C., «Granulocitosis a consecuencia de contacto con una bombona de pulverizaciones de DDT y pirita». «Am. Jour. Méd.», Vol. 1 (1946), págs. 562-67.

Jedlicka, V., «Leucemia paramieloblástlca surgida simultáneamente en dos primos hermanos, después de contactos simultáneos con gammexano (hexaclorciclohexano)», «Acta Méd. Scand.», Vol. 161 (1958), páginas 447-51.

Friberg, L. y J. Martensson, «Caso de panmieloptisis después de contacto con clorofenotano y benzeno hexaclórico», (A. M. A.), «Archives Indus. Hygiene and Occupat. Méd.», Vol. 8 (1953), n.# 2, págs. 166-69.

Warburg, Otto, «Sobre el origen del cáncer de las células», «Science», Vol. 123, n.° 3191 (24, feb. 1956), págs. 309-14.

Sloan-Kettering Inst. para investigación del cáncer, «Bíennal Report», julio, 1, 1957 junio, 30, 1959, pág. 72.

Levan, Albert y John J. Biesele, «Papel de los cromosomas en la cancerogénesis, estudio en serie de cultivos de tejidos de las células de mamíferos», «Annals New York Acad. Sci.», Vol. 71 (1958, n.° 6, páginas 1022-53.

Hunter, F. T., «Exposición crónica al benzeno (benzol). II. Los efectos clínicos», «Jour. Indus. Hygiene and Toxicol.», Vol. 21 (1939), páginas 355-93.

Hueper, «Cáncer ambiental y profesional», págs. 1-69.

«Recientes desarrollos del cáncer ambiental», A. M. A., «Archives Path». Vol. 58 (1954), págs. 475-523.

Bumet F. Macfarlane, «La leucemia como problema en la Medicina Preventiva», «New England. Jour. Méd.», Vol. 259 (1958), n.° 9, páginas 423-31.

Klein, Michael, «El efecto trasplacentario del uretano en la tumorigénesis de la rata», «Jour. Natl. Cancer Inst.», Vol. 12 (1952), págs. 1003-10.

Biskind, M. S. y G. R. Biskind, «Disminución de la capacidad del hígado para inactivar la estroma en la deficiencia del complejo de la vitamina B», «Science», Vol. 94, n.° 3446 (nov. 1941), pág. 462.

Biskind, G. R. y M. S. Biskind, «Aspectos alimenticios de ciertas alteraciones endocrinas», «Am. Jour. Clin. Path.», Vol. 16 (1946), n.° 12, páginas 73745.

Biskind, M. S. y G. R. Biskind, «Efectos de la deficiencia del complejo vitamínico B en la inactividad de la estroma del hígado». «Endocrinology», Vol. 31 (1942), n.° 1, págs. 109-14.

Biskind, M. S. y M. C. Shelesnyak, «Efectos de la deficiencia vitamínica B en la inactivación de la estroma ovárica en el hígado», «Endocrinology», Vol. 30 (1942), n.° 5, págs. 819-20.

Biskind, M. S. y G. R. Biskind, «Inactivación del propionato de testosterón en el hígado durante la deficiencia del complejo vitamínico B. Alteración del equilibrio estrógeno-andrógeno». «Endocrinology», Vol. 32 (1943), n.° 1, págs. 97-102.

Greene, H. S. N., «Adenoma uterino en el conejo. III. Susceptibilidad como función de los factores constitucionales», «Jour. Exper. Méd.», Volumen 73 (1941), n.° 2, págs. 273-92.

Horning, E. S. y J. W. Whittick, «Histogénesis of Stilboestrol-Induced Renal Tumors in the Male Golden Hamster», «Brit. Jour. Cáncer», Vol. 8. (1954), págs. 451-57.

Kirkman, Hadley, «Tumores producidos en la estroma del riñón en el

Hamster sirio». EE.UU. Servicio de Sanidad Pública. Inst. Nao. del Cáncer. Monografía n.° 1 (dic. 1959).

Ayre, J. E. y W. A. G. Bauld, «Deficiencia de tiamina y alto nivel de estrógeno hallados en el cáncer uterino y en la menorragia», «Science». Vol. 103, n.° 2676 (abril, 12, 1946), págs. 44645.

Rhoads, C. P., «Aspectos fisiológicos de la deficiencia vitamínica». «Proc. Inst. Méd. Chicago», Vol. 13 (1940), pág. 198.

Suguiura, K. y C. P. Rhoads. «Cáncer experimental en el hígado de la rata y su inhibición mediante el extracto de salvado de arroz, la levadura y el extracto de levadura», «Cáncer Research», Vol. 1 (1941), páginas 3-16.

Martin, H., «Lesiones precancerosas en la boca por avitaminosis B, su etiología, respuesta a la terapia y su relación con el cáncer intraoral», «Am. Jour. Surgery», Vol. 57 (1942), págs. 195-225.

Tannembaum, A., «Nutrición y cáncer», en Freddy Homburger, ed., «Fisiopatología del cáncer», New York, Harper, 1959, 2. ed. A. Paul B. Hoeber Book, P. 552.

Symeonidis, A., «Gínecomastia post inanición y su relación con el cáncer de pecho en el hombre», «Jour. Natl. Cáncer Inst», Vol. 11 (1950). pág. 656.

Davies, J. N. P., «Trastorno de las hormonas sexuales entre los africanos», «Brit. Méd. Jour.», Vol. 2 (1949), págs. 676-79.

Hueper, «Papel potencial de las adiciones no alimenticias en la comida».

Van Esch, «Producción de tumores en la piel de los ratones por las carbamidas».

Berenblum, I. y N. Trainin, «Dos posibles *escalones en el mecanismo* de la leucemiogénesis experimental», «Science», Vol. 132 (julio, 1, 1960), págs. 40-41.

Hueper, W. C., «Peligros de cáncer por contaminadores naturales y artificiales del agua», «Proc.» Conf. sobre aspectos fisiol. de la calidad del agua, Washington, D. C., Sept., 8-9, 1960, págs. 181-93. Servicio de Sanidad Pública de EE.UU.

Hueper y Payne, «Observaciones sobre la presencia de hepatomas en la trucha arco iris».

Sloan-Kettering Inst. para la Invest. del Cáncer, «Biennal Report», 1957-59.

Hueper, W. C., «A la autora».

Capítulo 15: La naturaleza se defiende

Birejér, C. J., «La creciente resistencia de los insectos a los insecticidas», «Atlantic Naturalist», Vol. 13 (1958), n.° 3, págs. 149-55.

Metcalf, Robert L., «El impacto del desarrollo de los insecticidas organofosfóricos en la Ciencia Básica y Aplicada», «Bull. Entomol. Soc. Am.», Vol. 5 (marzo 1959), págs. 3-15.

Ripper, W. E., «Efecto de los plaguicidas en el balance de las poblaciones de artrópodos», «Annual Rev. Entomol.», Vol. 1 (1956), páginas 304-38.

Alien, Durward L., «Nuestro legado de la vida silvestre», New York: Funk and Wagnalls, 1954. Págs. 234-36.

Sabrosky, Curtís W.. «¿Cuántos insectos hay?», «Yearbook of Agric.», EE.UU., Dept. de Agric., 1952, págs. 1-7.

Klots, Alexander B., y Elsie B. Klots, «Abejas, avispas y hormigas beneficiosas», «Manual del control biológico de plantas plagas», págs. 44-46. Jardín botánico de Brooklyn. Reimpreso de «Plants and Gardens», Vol. 16 (1960), n.° 3.

Hagen, Kenneth S., «Control biológico con escarabajos ”Lady”». «Manual del control biológico de plantas plagas», págs. 28-35.

Schlinger, Evert I., «Enemigos naturales de los áfidos», «Manual del control biológico de plantas plagas», págs. 46-42.

Bishopp, «Insectos amigos del hombre».

Ripper, «Efectos de los plaguicidas en las poblaciones de artrópodos».

Davies, D. M., «Estudio de la colonia de mosca negra en un río de Algonquin Park, Ontario», «Transactions», Royal Canadian Inst., Vol 59 (1959), págs. 121-59.

Ripper, «Efectos de los plaguicidas en las poblaciones de artrópodos».

Johnson, Philip C., «Infestaciones de la araña gorgojo en los bosques de abetos del Norte de las Montañas Rocosas Douglas-Fir». Documento de investigación n.° 55, «Intermountain Forests and Range Exper. Station», Servicio Forestal de EE.UU., Odgen, Utah, 1958.

Davis, Donald W„ «Algunos efectos del DDT en arañas gorgojo», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 45 (1952), n.° 6, págs. 1011-19.

Gould E., y E. O. Hamstead, «Control of the Red-banded Leaf Roller» «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 41 (1948), págs. 887-90.

Pickett, A. D., «Crítica de los métodos químicos del control de insectos», «Canadian Entomologist», Vol. 81 (1949), n. 3, págs. 1-10.

Joyce, R. J. V., «Pulverizaciones en gran escala sobre el algodón del delta del Gash en el este del Sudán», «Bul. Entom. Research», Vol. 47 (1958),págs. 390-413.

Long, W. H., «El programa de descaste de la hormiga encendida aumenta los daños del barrenero de la caña azucarera», «Sugar Bull.», Volumen 37 (1958), n.° ó, págs. 62-63.

Luckmann, William H., «Aumento del barrenero del maíz como consecuencia de aplicar grandes cantidades de dieldrín», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 53 (1960), n.° 4, págs. 582-84.

Haeussler, G. J., «Pérdidas causadas por los insectos», «Anuario de Agric.», Dept. de Agric, de EE.UU., 1952, págs. 380-88.

«Control Biológico de las plagas de insectos en el Continente de Estados Unidos», Dept. de Agricult. Boletín Técnico n.° 1139 (junio, 1956), páginas 1-151.

DeBach, Paul, «Aplicación de la información ecológica al control de la plaga de los cítricos en California», «Proc., 10. Congreso Internacional de Entomólogos», (1956), Vol. 3 (1958), págs. 187-94.

Laird, Marshall., «Soluciones biológicas a los problemas surgidos dei uso de los insecticidas modernos en el campo de la Salud Pública», «Acta Tropica», Vol. 16 (1959), n. 4, págs. 331-55.

Harrington, H. W. y W. L. Bidlingmayer, «Efectos del dieldrín en peces e invertebrados de una marisma», «Jour. Wildlife Management», volumen 22 (1958), n.° 1, págs. 76-82.

«Tumores en el hígado del ganado», EE.UU., Depart. de Agric., Hoja n.° 493 (1961).

Fisher, Theodore W., «¿Qué es el control biológico?» «Handbook on Biological Control of Plants Pest», págs. 6-18. Jardín Botánico de Brooklyn. Reimpreso de «Plants and Gardens»$_v$ Vol. 16 (1960), n.° 3.

Jacob, F. H., «Algunos problemas modernos en el control de las plagas», «ScienceProgress», n.° 181 (1958), págs. 3045.

Pickett, A. D., «Control de los insectos de los huertos», «Agric. Inst. Rev.», marzo-abril 1953.

«La filosofía del control de los insectos de los huertos». «79th Annual Report», Soc. Entomol. de Ontario (1948), págs. 1-5.

«El control de los insectos del manzano en Nueva Escocia», Mimeo.

Ullyet, G. C., «Los insectos, el hombre y el medio ambiente», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 44 (1951), n.° 4, págs. 459-64.

Capítulo 16: El estruendo de un alud

Babers, Frank H., «Desarrollo de la resistencia del insecto a los insecticidas», EE.UU., Dept. de Agric., E. 776 (mayo 1949).

Babers, F. H. y J. J. Pratt, «Desarrollo de la resistencia del insecto a los insecticidas. II. Revisión crítica de la Literatura hasta 1951». EE.UU., Departamento de Agric., E 818 (mayo 1951).

Brown, A. W. A., «El desafío de la resistencia a los insecticidas», «Bull. Econ. Soc. Am.», Vol. 7 (1961), n.° 1, págs. 6-19.

«Desarrollo y mecanismo de la resistencia del insecto a los tóxicos válidos». «Soap and Chem. Specialties», enero 1960.

«Resistencia del insecto y control vector». Organización Mundial de la Salud. Servicio Información Técnica. n.° 153 (Ginebra, 1958), página 5.

Elton, Charles S., «La ecología de las invasiones de animales y plantas», New York: Wiley, 1958, pág. 181.

Brown, A. W. A., «Resistencia en los artrópodos a los insecticidas». Organización Mundial de la Salud. Serv. Monograf. n.° 38 (1958), páginas 13-11.

Quarterman, K. D. y H. F. Shoof, «El estado de la resistencia a los insecticidas de los artrópodos, de importancia para la salud pública en 1956», «Am. Jour. Trop. Méd. and Hygiene». Vol. 7 (1958), n.° 1, páginas 74-83.

Brown, «Resistencia a los insecticidas en los artrópodos».

Hess, Archie D., «La significación de la resistencia insecticida en los programas de control vector», «Am. Jour. Trop. Méd. and Hygiene». Volumen 1 (1952), n.° 3, págs. 371-88.

Linsay, Dale R. y H. I. Scudder, «Moscas inofensivas y enfermedades», «Annual. Rev. Entomol.», Vol. 1 (1956), págs. 323-46.

Schoof, H. F. y J. W. Kilpatrick, «La resistencia de la mosca doméstica a los compuestos organofosfóricos en Arizona y Georgia», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 51 (1958). n.° 4, pág. 546.

Brown, «Desarrollo y mecanismo de la resistencia del insecto».

Brown, «Resistencia a los insecticidas en los artrópodos».

Brown, «Desafío de la resistencia a los insecticidas».

Brown, «Resistencia a los insecticidas en los artrópodos».

Brown, «Desarrollo y mecanismo de la resistencia del insecto».

Brown, «Resistencia a los insecticidas en los artrópodos».

Brown, «Desafío de la resistencia a los insecticidas».

Anón., «La garrapata del perro desarrolla resistencia al clordano». «New Jersey Agric.», Vol. 37 (1955), n.° 6, págs. 15-16.

«New York Herald Tribune», 22 de junio 1959; también J. C. Pallister, «A la autora», nov. 6, 1959.

Brown, A. W. A., «Control insectil mediante productos químicos». New York: Wiley, 1951.

Briejér, C. J., «La creciente resistencia de los insectos a los insecticidas», «Atlantic Naturalists», Vol. 13 (1958), n.° 3, págs. 149-55.

Laird, Marshall, «Soluciones biológicas a los problemas dimanantes del uso

de insecticidas modernos en el campo de la salud pública», «Acta Tropica», Vol. 16 (1959), n.° 4, págs. 331-55.

Brown, «Resistencia a los insecticidas en los artrópodos».

Brown, «Desarrollo y mecanismo de la resistencia insecticida».

Briejér, «Creciente resistencia de los insectos a los insecticidas».

Plaguicidas, 1959, «Jour. Agric, and Food Chemic.», Vol. 7 (1959), n.° 10, página 680.

Briejér, «Creciente resistencia de los insectos a los insecticidas».

Capítulo 17: El otro camino

Swanson, Carl P., «Citología y citogenéticos», Englew.ood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1957.

Knipling, E. F., «Control de la larva de la mosca mediante radiaciones atómicas», «Sci. Monthly», Vol. 85 (1957), n.° 4, págs. 195-202.

Knipling, «Descaste de la larva de la mosca: deducciones e investigaciones conducentes al método de esterilización del macho». «Smithsonian Instit. Annual Report», Publ. 4365 (1959).

Bushland, R. C., «Descaste de la larva de la mosca mediante la suelta de machos esterilizados con rayos gamma entre la población natural». «Proc.» Conf. Inter, sobre usos pacíficos de la energía atómica, Ginebra, agosto 1955. Vol. 12, págs. 216-20.

Lindquist, Arthur W., «El uso de la radiación Gamma para el control o descaste de la mosca-tijera», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 48 (1955), n.° 4, págs. 467-69.

Lindquist, «Investigación sobre el empleo de machos esterilizados para el descaste de las larvas y moscas». «Proc. Asam. Amer. sobre aplicaciones pacíficas de la energía nuclear». Buenos Aires, junio 1959, páginas 229-39.

«Screwworm vs. screwworm», «Investig. Agric.», julio 1958, pág. 8, EE.UU. Dep. de Agric.

«Trampas indicadoras de que la larva de la oruga puede existir aún en el Sudeste», EE.UU., Dept. de Agric., Informe n.° 1502-59 (junio, 3, 1959). Mimeo.

Potts, W. H., «La irradiación y el control de plagas de insectos», «Times», Londres, Sci. Rev. Verano 1958, págs. 13-14.

Knipling, «Descaste de la larva de la oruga: método del macho estéril».

Lindquist, Arthur W., «Uso entomológico de radioisótopos» en «Radiation Biology and Medicine», EE. UU. Comisión de Energía atómica, 1958. Cap. 27, pt. 8, págs. 688-710.

Lindquist, «Investigaciones en el uso de machos estériles».

«USDA. Puede haber un nuevo camino para controlar las plagas de insectos con esterilizantes químicos». EE.UU. Dep. de Agricultura. Informe n.° 3587-61 (nov. 1, 1961). Mimeo.

Lindquist, Arthur W., «Productos químicos para esterilización de insectos», «Jour. Washington Acad. Sci.», nov. 1961, págs. 109-14.

Lindquist, «Nuevos caminos para control de insectos», «Pest Control Mag», junio 1961.

LaBreque, G. C., «Estudios con tres agentes alcalinos como esterilizantes de la mosca doméstica», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 54 (1961), n.° 4, págs. 684-89.

Knipling, E. F„ «Potencialidades y progreso en el desarrollo de quimioesterilizantes para el control de insectos», documento presentado a la reunión anual de la Soc. Entomol. de Am.. Miami, 1961.

Knipling, «Uso de insectos para su propia destrucción», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 53 (1960), n.° 3, págs. 415-20.

Mitiln, Norman, «La esterilidad química y los ácidos nucleicos», escrito presentado en 27 nov. 1961. Symposium on Chemical Sterility, Entomol. Soc. os Af., Miami.

Alexander, Peter, «A la autora», feb. 19, 1962.

Eisner, T., «La eficacia de las secreciones defensivas de los artrópodos», en el «simposium» n.° 4 sobre «Mecanismos defensivos químicos», 11. Congreso Internacional de Entomólogos, Viena (1960), págs. 264-67.

Eisner, T., «La función protectora del mecanismo pulverizador del escarabajo pelotero», Lee. «Jour. Insect. Phisioi.», Vol. 2 (1958), n.° 3, páginas 215-20.

Williams, Carroll M., «La hormona juvenil», «Sci. America», Vol. 198, n.° 2 (feb. 1958), pág. 68.

«Programa 1958 de descaste de la polilla egipcia». Dep. de Agricultura de EE.UU., Suelta 858-57-3. Mimeo.

Brown, William L. Jr., «Programas masivos de control de insectos: cuatro casos históricos», «Psyche», Vol. 68 (1961), Nos. 2-3, págs. 75-111.

Jacobson, Martin, «Aislamiento, identificación y síntesis del atractivo sexual de la polilla egipcia». «Science», Vol. 132, n.° 3433 (oct. 14, 1960), pág. 1011.

Christneson, L. D., «Reciente progreso en los procedimientos para descastar y controlar las moscas tropicales de la fruta». «Porc.», 10.° Congreso Internacional de Entomólogos, (1956), Vol. 3 (1958), págs. 11-16.

Hoffmann, C. H., «Nuevos procedimientos para el control de insectos de

granja», comunicado a la Asam. Intern. de Manuf. de helados. Conven., oct., 27, 1961. Mimeo.

Frings, Hubert y Mable Frings, «Empleo de los sonidos de los insectos», «Annual Rev. Entomol.», Vol. 3 (1958), págs. 87-106.

«Research Report», 1956-1959. «Inst. de Invest. Entomol. para control biológ.», Belleville, Ontario, págs. 9-45.

Kahn, M. C. y W. Offenhauser, Jr., «Las primeras pruebas en el campo de los sonidos registrados de mosquitos usados para la destrucción de este insecto», «Am. Jour. Trop. Méd.», Vol. 29 (1949), págs. 800-27.

Wishart, George, «A la autora», agosto, 10, 1961.

Beirne, Bryan, «A la autora», febrero, 7, 1962.

Frings, Hubert, «A la autora», febrero, 12, 1962.

Wishart, George, «A la autora», agosto, 10, 1961.

Frings, Hubert, «Los efectos físicos en la alta intensidad de las ondas ultrasónicas de los animales», «Jour. Cellular and Compar. Physiol.», Volumen 31 (1948), n.° 3, págs. 339-58.

Steinhaus, Edward A., «Control microbiano —la emergencia de una idea», «Hilgardia», Vol. 26, n.° 2 (oct. 1956), págs. 107-60.

Steinhaus, «Relativo a la inofensividad de los insectos patógenos y la estandardización de productos de control microbiano», «Jour. Econ. Entomol.», Vol. 50, n.° 6 (dic. 1957), págs. 715-20.

Steinhaus, «Insecticidas vivos», «Sci. American», Vol. 195, n.° 2 (agosto 1956), págs. 96-104.

Angus, T. A. y A E. Heimpel, «Insecticidas microbianos», «Research for farmers», primavera de 1959, págs. 12-13. Canadá Dept. de Agricultura.

Briggs, John D., «Patógenos para el control de las plagas», «Biol. and Chem. Control of Plant and Animáis Pests». Washington, D. C., Asam. Amer. de Cien. Avanzada, 1960. Págs. 137-48.

«Pruebas de insecticidas microbianos contra desfoliadores del bosque», «Informe bi-mensual de progresos», Canadá, Dept. de Bosques, Vol. 17, n.° 3 (mayo-junio 1961).

Steinhaus, «Insecticidas vivos».

Tanada, Y., «Control microbiano de plagas de insectos», «Annual Rev. Entomol.», Vol. 4 (1959), págs. 277-302.

Steinhaus, «Relativo a la inofensividad de los insectos patógenos».

Clausen, C. P., «Control biológico de los insectos plaga en el Continente de EE.UU.», Dept de Agric. Boletín Técnico n. 1139 (junio 1956), págs. 1-151.

Hoffmann, C. H., «Control biológico de insectos y malezas nocivos», «Jour. Applied Nutrition», VoL 12 (1959), n. 3, págs. 120-34.

Ruppertshofen, Heinz, «Higiene forestal», comunicado al 5.° Congreso Mundial Forestal, Seattle, Wash, (29 agosto-10 sept. 1960).

Göswald, Karl, «Die Rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene», Lüneburg: Metta Kinau Verlag, sin fecha.

Göswald, «A la autora», 27 de febrero de 1962.

Balch, R. E., «Control de insectos de los bosques», «Annual Rev. Entomol.», Vol. 3 (1958), págs. 449-68.

Buckner, C. H., «Mamíferos rapaces de la mosca-sierra del pino en Manitoba del Este», «Proc. 10.° Congreso Intern. de Entomólogos» (1956), Vol. 3 (1958), págs. 353-61.

Morris, R. F., «Diferenciación por los pequeños rapaces mamíferos, entre los capullos hueros o llenos de la mosca-tijera del abeto», «Canadian Entomologist», Vol. 81 (1949), n.° 5.

MacLeod, C. F., «La introducción de la musgaña careta en Terranova», «Informe bi-mensual del progreso», Canadá, Dept. de Agricult., Volumen 16 (marzo-abril 1960).

MacLeod, «A la autora», febrero, 12, 1962. .

Carroll, W. J., «A la autora», 8 de marzo de 1962.