

ESTRATEGIAS ECOLOGICAS PARA LA PREVENCION Y EL CONTROL DE PROBLEMAS DE SALUD¹

Rexford D. Lord²

Es probable que vayan adquiriendo cada vez más importancia las estrategias ecológicas en relación con la salud, estrategias basadas en el conocimiento de los tipos de comportamiento propios de ciertos organismos y en su ecología, para conseguir determinadas metas específicas relacionadas con la salud. En el presente artículo se describen muchas de las estrategias de ese tipo que se están utilizando ya y algunas otras que podrían tener sus aplicaciones en el futuro.

Introducción

Hoy en día, las estrategias "ecológicas" se suelen definir como estrategias que utilizan el conocimiento de la ecología y comportamiento de los organismos para cumplir con mayor eficiencia y eficacia metas que hubieran sido más difíciles con los métodos tradicionales. Se acepta asimismo que los costos de la puesta en práctica de tales estrategias han de ser moderados y han de estar al alcance de los países de recursos modestos.

Como la ecología es una disciplina tan amplia, que abarca gran número de especialidades, tal vez sea útil advertir que entre las estrategias ecológicas no se incluyen las actividades directamente encaminadas a luchar contra las enfermedades, como la vacunación para evitar brotes epidémicos o la aplicación masiva de insecticidas para eliminar mosquitos vectores. Tampoco deben confundirse las estrate-

gias ecológicas con los métodos de lucha biológica. Estos últimos se limitan a emplear organismos vivos para el control de vectores o de huéspedes de agentes morbosos y, por consiguiente, esos organismos tienen una función muy semejante a la de los agentes químicos empleados con el mismo fin (1). Los métodos de lucha biológica se basan con frecuencia en la introducción en el medio de nuevos organismos (como el virus de la mixomatosis empleado para la lucha contra los conejos en Australia), mientras que las estrategias ecológicas consisten sobre todo en manipular a los organismos indígenas. Sin embargo, es preciso reconocer que las estrategias ecológicas tratan a veces de cumplir sus objetivos valiéndose de métodos de lucha biológica.

Las estrategias ecológicas se pueden poner en práctica con uno o más de los tres objetivos siguientes: 1) detectar o predecir problemas potenciales de salud antes de que empiecen a manifestarse sobre los seres humanos; 2) prevenir el planteamiento de problemas potenciales de salud, y 3) controlar o combatir un problema de salud ya planteado. En el presente artículo se

¹ Se publica en inglés en el *Bulletin of the Pan American Health Organization*, Vol. 17, N° 1, 1983.

² Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Apartado 249, Toluca, México.

describen las actuales estrategias ecológicas propias de cada una de esas categorías, así como cierto número de posibles estrategias que podrían ofrecer perspectivas interesantes.

Estrategias ecológicas para detectar o predecir problemas potenciales de salud

Utilización como centinelas de animales libres (silvestres)

Es evidente la utilidad de disponer de un sistema de alarma temprana que permita detectar enfermedades que puedan presentarse esporádicamente, sobre todo si las medidas de lucha correspondientes son costosas o tienen efectos secundarios indeseables. Además, ciertas enfermedades transmitidas por vectores sólo se presentan en determinadas estaciones y pueden no producirse todos los años. En tales circunstancias, por ejemplo, la lucha química constante contra los mosquitos es onerosa y tiene efectos secundarios indeseables, como la contaminación del medio con sustancias tóxicas que pueden tener efectos sobre el hombre y otras especies.

Vigilancia de la encefalitis de San Luis (ESL). El virus de la ESL provoca en muchos lugares de EUA brotes epidémicos de una enfermedad que puede ser grave. Estos casos se presentan sólo entre mediados y fines del verano, y casi nunca afectan a una misma comunidad en años sucesivos (2). Algunas comunidades habían tratado de luchar contra estos brotes manteniendo durante todo el verano operaciones de control del mosquito, pero esta medida resultaba costosa. Por otra parte, lo mejor sería poder ahorrar fondos durante los años interepidémicos que se aplicarían a programas realmente intensivos de lucha contra los mosquitos justo antes de la epidemia, en el momento en que ésta se anunciara. Sin embargo, para aplicar esta táctica era preciso disponer de un sistema de alerta rápida.

Afortunadamente, la naturaleza de los brotes de encefalitis de San Luis facilita esta estrategia. El virus de la ESL es un parásito natural de las aves silvestres. El hombre sólo se infecta incidentalmente cuando los mosquitos le transmiten el virus después de haber picado primero a un ave infectada. Aun cuando en teoría cualquier mosquito infectado puede transmitir la enfermedad a una persona, en realidad la epidemia sigue las leyes de las probabilidades y, por consiguiente, es preciso que una cierta proporción de aves se infecten antes de que lo haga una cantidad de mosquitos suficiente para afectar a la población humana. Por lo tanto, la vigilancia de la actividad de virus en la población de aves puede proporcionar una información temprana, en un momento en el que los índices de infección de las aves son aún demasiado bajos y no constituyen una amenaza inmediata para la gente (3). Cuando se encuentran niveles significativos de actividad vírica, los equipos de lucha antimosquitos pueden actuar, sabiendo que sus operaciones van a salvar vidas sin desperdicio de tiempo ni de esfuerzos.

En las aves la viremia de la ESL sólo dura unos días y, por consiguiente, la vigilancia se hace mediante exámenes serológicos utilizando la prueba de inhibición de la hemaglutinación (IH), la de neutralización (N), o ambas. Como las aves adultas pueden conservar anticuerpos de años anteriores, sólo se hacen pruebas con individuos jóvenes. Esta población joven incluye tanto individuos aún en el nido como jóvenes de tamaño adulto, los cuales se distinguen de los adultos determinando el grado de osificación del cráneo. Para esta determinación no es necesario sacrificar al animal, pues su fina piel es suficientemente transparente como para que se pueda observar directamente el cráneo separando las plumas.

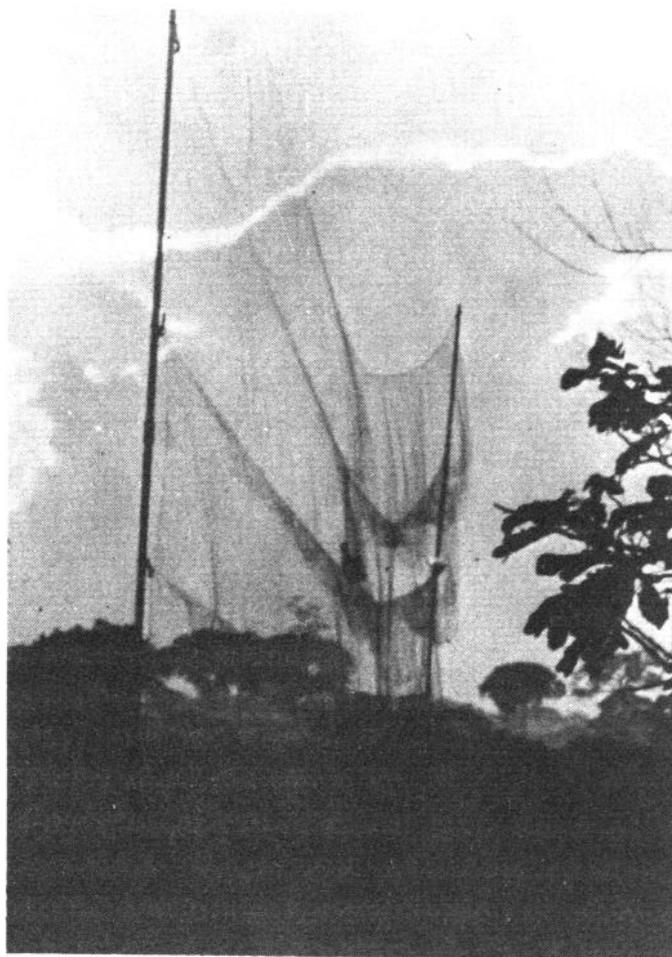
Los intentos previos de vigilancia de la ESL se basaron o bien en la captura de mosquitos o bien en las pruebas realizadas con gallinas centinelas. Los mosquitos se pueden capturar con relativa facilidad me-

diante trampas luminosas automáticas. Sin embargo, la naturaleza los expone a una gran variedad de peligros mortales y, en consecuencia, su longevidad se mide en días. Por consiguiente, la probabilidad relativa de detectar una actividad vírica favorece a los sistemas de vigilancia basados en la observación de anticuerpos en aves.

Pero la vigilancia de anticuerpos en gallinas centinelas también tiene sus inconvenientes. En primer lugar, es necesario colocar a gallinas libres de anticuerpos en jaulas que se sitúen en lugares donde probablemente se vean expuestas a mosquitos que previamente se hayan alimentado de aves silvestres. Por consiguiente, los mejores lugares serán los bosques y los bordes de zonas pantanosas. Pero en esos lugares no es fácil alimentar a las gallinas y darles los cuidados necesarios. Y como el método se basa en la detección de conversiones séricas, será necesario hacer tomas repetidas de sangre.

El sistema de tomar sangre de aves silvestres jóvenes, además de evitar los dos problemas que se acaban de mencionar, tiene una ventaja adicional: como las aves silvestres recorren grandes distancias, durmiendo con frecuencia en distintos lugares, se ven expuestas a mosquitos de distintos sitios. Por consiguiente, las aves silvestres brindan una muestra procedente de un amplio sector, al revés de lo que sucede con las gallinas centinelas, que sólo son muestra de la zona relativamente pequeña donde se colocaron.

Desde que se empleó por primera vez en Corpus Christi, Texas, en 1966 (3), esta estrategia ecológica de vigilar la actividad del virus ESL mediante pruebas realizadas con aves silvestres se ha adoptado con éxito en gran número de núcleos de población de la parte sudoriental de EUA (2). La técnica es asimismo aplicable a la vigilancia de los virus de las encefalitis equinas del este y del oeste, y en consecuencia proporciona la base para un nuevo sistema de vigilancia aplicable a esos mismos virus en la República



Una fina red desplegada para atrapar aves silvestres, de acuerdo con un programa de vigilancia de la encefalitis equina oriental realizado en Venezuela, ha atrapado a una tortolita.

Dominicana. Tal vez conviniera que otros países de América Latina estudiaran las posibilidades que ofrece esta técnica.

Mortalidad inusitada o ausencia de ciertas especies

Desde que se iniciaron las aplicaciones masivas de insecticidas para la lucha contra las plagas agrícolas, se ha hecho cada vez más evidente que los insecticidas en cuestión y otras sustancias tóxicas constituyen una insidiosa amenaza para la salud humana. La detección de tales sustancias y sus productos tóxicos de descomposición se realiza mediante análisis químicos en el laboratorio.

Sin embargo, está claro que no es po-

sible realizar continuas pruebas de muestras de suelo y agua de todos los lugares. Por lo tanto, cuando se observen inusitadas pérdidas de ciertos animales, como aves silvestres, convendrá realizar investigaciones para determinar si la causa de esa mortalidad excesiva no puede además poner en peligro al hombre.

Del mismo modo, se podrá ahorrar tiempo y dinero si se utilizan técnicas de bioensayo como procedimiento selectivo de detección de lugares o regiones peligrosamente contaminados. Por ejemplo, se pueden tomar muestras de aguas superficiales y exponerlas en un laboratorio a ciertos organismos vivos, como peces o renacuajos. Cuando el resultado de esa exposición sea la muerte, se procederá a los análisis químicos tradicionales que permitan determinar la naturaleza de la sustancia o sustancias tóxicas en cuestión.

También existe la posibilidad de que personas suficientemente capacitadas piensen en una contaminación ambiental potencialmente peligrosa ante la ausencia de determinados organismos en un medio en el que normalmente tendrían que encontrarse. Este fenómeno de la "primavera silenciosa"³ se puede, pues, utilizar como estrategia ecológica para descubrir la presencia de materiales tóxicos, e incluso se puede complementar con técnicas de bioensayo para obtener un sistema de alerta temprana rápido y poco costoso.

Naturalmente, la confirmación última de cualquier contaminación peligrosa dependerá siempre de los análisis de laboratorio de muestras tomadas del medio sospechoso. Pero las estrategias mencionadas permitirán aumentar en gran medida la extensión de las regiones que se pueden vigilar efectivamente, lo cual justifica el empleo de esas estrategias para la vigilancia de materiales tóxicos en el ambiente.

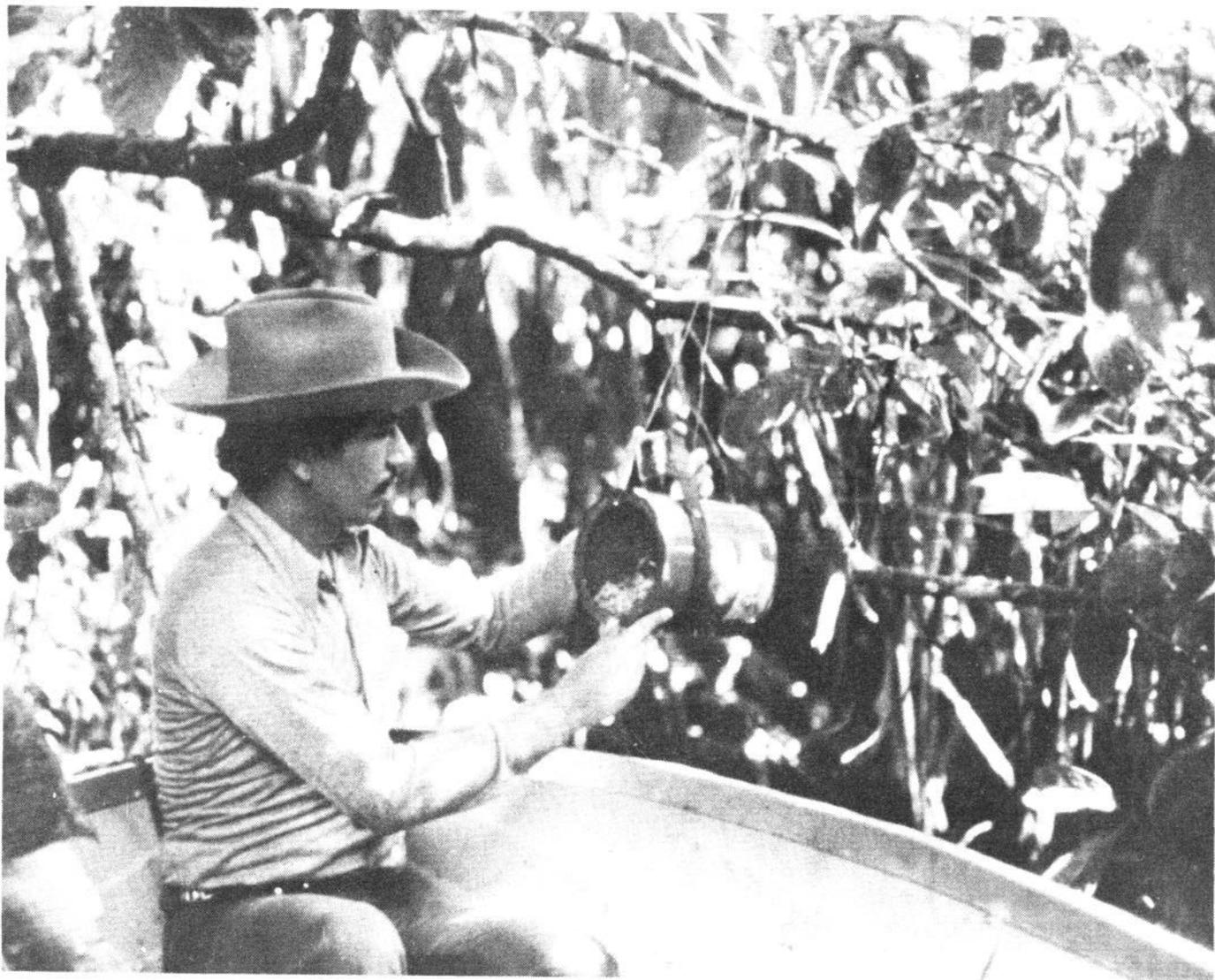
Utilización de animales centinelas cautivos o domésticos

Encefalitis equina venezolana (EEV). Como ya se señaló al hablar del virus de la ESL, es posible detectar ciertos agentes morbosos mediante el empleo de animales centinelas. Por ejemplo, el hámster centinela constituye uno de los instrumentos más sensibles para detectar el virus de la encefalitis equina venezolana (EEV) en su estado enzoótico. Estos centinelas se utilizan en varios países de América Latina.

El hámster no es un animal nativo de las regiones tropicales y subtropicales del Nuevo Mundo donde se halla ese virus, lo cual tal vez explique que sea tan susceptible a esta infección de la que en general suele morir en pocos días. Por consiguiente, los trabajadores que buscan focos de esta importante enfermedad (que con los años ha causado innumerables víctimas humanas) pueden vigilar ambientes sospechosos de albergar al virus (con frecuencia, se trata de zonas boscosas o pantanosas tropicales) colocando en los lugares adecuados jaulas con jóvenes hámsters. Las jaulas están construidas de tal manera que los mosquitos pueden entrar con facilidad y los hámsters son vigilados una o dos veces al día. Cuando se descubren hámsters muertos o moribundos, inmediatamente se congelan (con nieve carbónica o nitrógeno líquido que se lleva al campo) y se transportan al laboratorio, donde se realizan los procedimientos habituales de aislamiento del virus.

Fiebre amarilla selvática. Esta enfermedad puede afectar a personas que viven en bosques tropicales o cerca de ellos, y a veces tiende a desplazarse en ondas a través de la selva, permaneciendo inadvertida hasta que las víctimas humanas revelan su presencia. En regiones donde ya se ha dado esta forma selvática de la fiebre amarilla, donde la enfermedad puede recurrir una vez y otra, se podrán colocar monos centinelas en la selva, en los lugares donde

³ Rachel Carson, en *Primavera Silenciosa* (Barcelona, Caralt), describe la ausencia de aves cantoras durante la primavera como consecuencia de la contaminación ambiental.



Un trabajador de salud examina a un hámster centinela enjaulado que se emplea para la vigilancia de la encefalitis equina venezolana en el estado Zulia, Venezuela.

más probablemente van a ser picados por los mosquitos (infectados por haber picado previamente a monos silvestres) antes de que alcancen a picar a los seres humanos de la vecindad. Como se hace con los hámsters, los monos enfermos o muertos se llevan al laboratorio para que allí se busque el virus de la fiebre amarilla.

Una vez que las técnicas de detección temprana han señalado la presencia de virus de la fiebre amarilla transmitidos por mosquitos, se adoptarán las necesarias medidas de lucha contra los mosquitos y de vacunación, con el fin de evitar posibles brotes, con lo que se ahorrarán sufrimientos y vidas. Recientemente ha aumentado el número de casos de fiebre amarilla en América Latina, lo cual podría ser un ar-

gumento a favor de que se extendiera el empleo de monos centinelas.

Cáncer. Se ha pensado que tal vez los perros de compañía pudieran servir como centinelas para detectar riesgos carcinogénicos en el ambiente general. Se ha encontrado una correlación positiva significativa entre la incidencia de cáncer de la vejiga en el perro y la actividad industrial prevalente, y esta última se ha podido asimismo correlacionar con la mortalidad humana causada por cáncer de la vejiga. Se ha pensado que ambas correlaciones están basadas en las sustancias carcinogénicas relacionadas con la industria y que se han difundido por el medio. Se calcula que el período de latencia del cáncer de la vejiga en el hombre es de 20 años por lo

menos, mientras que en el perro no pasa de 10, con lo cual este animal podría tal vez ser un útil centinela (4).

Estrategias ecológicas para prevenir problemas de salud

Es evidente que para trazar estrategias ecológicas hay que conocer los principios ecológicos y los detalles de las relaciones mutuas existentes entre el mayor número posible de animales y plantas. Sin embargo, es asimismo cierto que personas sin una capacitación oficial en ecología, pero con talento natural y una perspectiva amplia han aportado más contribuciones en este campo que los ecólogos de formación académica.

Rociamientos con insecticidas residuales

El simple rociamiento destinado a destruir directamente a los mosquitos vectores de enfermedades no se considera que constituya una estrategia ecológica. Sin embargo, si se ha de considerar estrategia ecológica la introducción de ciertas modificaciones en los rociamientos con insecticidas para la lucha contra los vectores. Una de esas modificaciones sería el rociamiento para la lucha antimalárica de las paredes de las viviendas con insecticida de acción residual destinado a matar a los mosquitos anofelinos en reposo. En este caso, el encargado de la lucha contra los mosquitos ha puesto una trampa, pues conoce perfectamente los hábitos del principal vector de la malaria. En tiempos anteriores esta técnica tenía resultados espectaculares, pues permitía erradicar la malaria de enormes zonas y reducir la grave amenaza que esta enfermedad hacía pesar sobre las regiones tropicales. Pero la reciente recurrencia generalizada de la malaria obliga a pensar en la conveniencia de encontrar nuevas estrategias basadas en el conocimiento de los hábitos de cría de los anofelinos si se quiere combatir este problema de salud, sobre todo si

no se encuentra una solución definitiva mediante las investigaciones que se realizan acerca de las razones de la resurgencia de la malaria.

Manejo del hábitat para la lucha contra los roedores

Los roedores sirven de reservorios y vectores en gran número de enfermedades importantes, inclusive varias en las que aún no se ha reconocido la intervención de estos animales como huéspedes principales. Como además los roedores se hallan con frecuencia en estrecha proximidad al hombre, suponen un grave peligro con el que es preciso enfrentarse.

Las personas ajenas a la ecología tienden naturalmente a pensar que la lucha contra los roedores consiste en la destrucción de éstos, generalmente mediante gatos, trampas o venenos. Sin embargo, los ecólogos se dan perfecta cuenta de la ineficacia de esos métodos. La razón es sencilla: los roedores tienen un enorme potencial reproductivo. La evolución les ha dado esta fecundidad en compensación a su mortalidad elevada y, por mecanismos que por ahora sólo se conocen parcialmente, pueden modificar sus índices reproductores en respuesta a variaciones en la mortalidad.

Esto significa que cuando una población de roedores sufre pérdidas significativas, puede elevar su índice de reproducción mediante una combinación de respuestas. Entre esas respuestas figuran la elevación del número de crías por camada, el aumento de la proporción de hembras grávidas en cualquier momento que se considere, el aumento de camadas por año y la reducción de la edad en la que las hembras alcanzan su madurez sexual. Esas respuestas combinadas dan lugar a espectaculares recuperaciones de la población, que rápidamente anulan los esfuerzos de la lucha contra los roedores. Por consiguiente, aun cuando los roenticidas tienen sin duda al-

guna su lugar en la eliminación de los roedores cuando el número de éstos llega a ser intolerable, así como para hacer abortar epidemias en progreso, el uso mantenido de venenos constituye un método de lucha ineficaz y conduce a la acumulación de materiales tóxicos en el ambiente.

Se han encontrado estrategias ecológicas basadas en un buen conocimiento de las necesidades, costumbres y ecología de los roedores. Básicamente, esas técnicas consisten en actuar sobre el hábitat de los roedores de forma que éstos no encuentren alimento ni sitios para anidar (5). Con esas medidas se reduce la capacidad soportadora del medio hasta un nivel (generalmente cerca de cero) que resulta más aceptable para el hombre. Por consiguiente, una buena lucha contra los roedores en el medio urbano implicaría el establecimiento de un sistema de eliminación de desechos sólidos inteligente y práctico, que se habría de complementar con la medida, no siempre fácil de imponer, de que los particulares también colaborasen manteniendo a prueba de ratas sus propios recipientes de basura.

La eliminación de lugares de anidamiento también es eficaz y con ella se obtienen resultados igualmente espectaculares. La mayor parte de las ratas y ratones anidan en los montones de basura o en depósitos de materiales de construcción. Naturalmente, la basura se puede recoger y los materiales de construcción o bien se pueden colocar en un nivel superior al del suelo o se pueden situar sobre una base sólida de cemento. Pero es difícil conseguir la colaboración de la gente en este terreno, a causa posiblemente del aspecto más bien simplista que tienen estas medidas de lucha. Por consiguiente, para que la lucha contra las ratas en el medio urbano sea efectiva será preciso imponer estrictamente la ley, lo cual a veces es poco popular aunque sea necesario.

La lucha contra los roedores en el medio rural es distinta. Cuando los roedores

infectan un arrozal o un campo de caña de azúcar no es posible privar totalmente a esos animales de alimentos, ya que en parte pueden utilizar el mismo artículo que se está cultivando. Por otra parte, los lugares de anidamiento son generalmente inaccesibles, situándose con frecuencia bajo las raíces de las plantas. Por consiguiente, las estrategias ecológicas se dirigen a prevenir la invasión temprana del cultivo por los roedores. De esta forma se tiende a contener la magnitud de la población que se va a desarrollar durante los meses de crecimiento de las plantas y, por consiguiente, se reducirán al mínimo las pérdidas y las invasiones de residencias humanas durante la cosecha.

El momento adecuado para la lucha contra los roedores en los terrenos agrícolas se sitúa entre la cosecha y la siembra. Durante este período es esencial eliminar todos los alimentos, sitios de anidamiento y refugios que puedan encontrar los enemigos. Por lo común, los propios campos son prácticamente inhabitables después de la cosecha, de forma que en general los roedores supervivientes se refugian en los hábitats disponibles en los alrededores del campo. El hacer inhabitables para los roedores estas zonas limítrofes será la mejor forma de evitarse problemas durante las siguientes campañas agrícolas, pues a partir de aquellas áreas se reinvasen anualmente los campos. Al quemar o arar la vegetación existente en los alrededores del terreno agrícola, se consigue que estos lugares no sean aptos para mantener a gran número de roedores, pues muchos de los alimentos naturalmente existentes se han suprimido y los roedores se ven expuestos a depredadores naturales como búhos, halcones y zorros.

Uso de quimioesterilizantes

En la lucha contra el gusano barrenador, larva de la mosca azul *Cochliomyia*

hominivorax, se puso por primera vez en práctica una estrategia ecológica realmente espectacular para la lucha contra ciertos insectos vectores, incluido *Anopheles albimanus*, un importante vector de la malaria (6). Esta estrategia consiste en dejar libres en el ambiente a machos estériles, que se acoplan con hembras silvestres fértiles, que ponen así huevos estériles. Esta estrategia ha tenido enorme éxito y por lo general ha facilitado la eliminación completa de las moscas en la zona tratada.

En este caso particular, el notable éxito se atribuyó en un primer momento al hábito de la hembra de acoplarse una sola vez. El razonamiento era que si el único acoplamiento de la hembra se hacía con un macho estéril, su producción de huevos fértiles sería igual a cero y, por consiguiente, la liberación de un número suficiente de machos estériles reduciría hasta por debajo de un umbral crítico las probabilidades de acoplamiento entre macho fértil y hembra.

Pero en realidad lo más importante no es que la hembra se acople una sola vez, sino las probabilidades de acoplamiento que puedan resultar en huevos fértiles. De acuerdo con esto, la principal razón del éxito de la estrategia es que la mayor parte de los insectos, al igual que los roedores, compensan una mortalidad elevada mediante una reproducción acelerada. La técnica de los machos estériles, cuando una población se está reduciendo, interfiere con ese mecanismo compensador. Naturalmente, a medida que la población decrece los factores causantes de mortalidad que dependen de la densidad de población van siendo cada vez menos importantes, pero todos aquellos que son independientes de la densidad de población siguen actuando y la reducción de la población se mantiene.

Esta técnica ha dado frutos importantes en veterinaria al haber permitido luchar contra la mosca *Cochliomyia ho-*

minivorax, cuyas larvas infectan las heridas del ganado. Sin embargo, lo que aquí nos interesa más es su aplicación a vectores de agentes de enfermedades humanas.

La esterilización de los machos se obtiene en ciertos casos mediante radiación gama, pero el mecanismo no es importante y los quimioesterilizantes pueden ser igualmente eficaces y de más fácil aplicación. Para esterilizar machos de *Anopheles albimanus*, importante vector de la malaria en América Central, se han utilizado quimioesterilizantes como el bisazir. En la actualidad es posible esterilizar hasta un millón de machos de *A. albimanus* por día y acomodarlos para su envío al campo (7).

La eficacia de esta estrategia contra los mosquitos se ha puesto asimismo de manifiesto en una isla situada en el Golfo de México frente a la costa de Florida, donde los investigadores consiguieron la erradicación virtual de una población de *Culex pipiens quinquefasciatus* (8).

Además de ser eficaz, la técnica de machos estériles tiene la ventaja de que no agrega sustancias tóxicas al ambiente.

Manejo del nivel del agua

Las obras hidráulicas han resultado una eficaz estrategia ecológica y también una alternativa económica a la lucha química contra los vectores de la malaria (mosquitos anofelinos) y de la esquistosomiasis (caracoles de agua dulce) (9, 10).

Las larvas de los mosquitos anofelinos requieren la protección de plantas emergentes o flotantes (como juncos o lirios acuáticos) que quedan elevadas en lugares secos cuando el nivel de agua cambia drásticamente. Tales cambios producen la muerte por desecación de muchas larvas y a las supervivientes las deja vulnerables a los depredadores.

También los caracoles sufren de los

grandes cambios en el nivel del agua, pues quedan expuestos a ciertos depredadores como las aves de los pantanos, y su ciclo reproductivo se ve interrumpido. Por consiguiente, en muchos reservorios se practican habitualmente operaciones de bajada de agua que dejan expuestos los hábitats de la orilla, con el fin de luchar contra mosquitos y caracoles. Incluso se ha diseñado una presa con un sifón que produce cambios automáticos en el nivel de agua.

Introducción de especies competidoras

Una de las más interesantes estrategias ecológicas es la que se basa en la utilización de un organismo que compita con un vector de enfermedad y lo desplace, eliminando así la enfermedad en cuestión.

Ejemplo de esa técnica es el reemplazo del caracol *Biomphalaria glabrata*, huésped intermediario de la esquistosomiasis, por otro más competitivo, *Marisa cornuarietis*, que no puede servir como huésped intermediario de los esquistosomas. Se dispone de procedimientos de cría de *M. cornuarietis* y los individuos así obtenidos se liberan en corrientes y depósitos de agua donde se halla el huésped intermediario. En pocos meses el caracol dominante es *Marisa*, mientras que *Biomphalaria* ha desaparecido casi totalmente.

Hasta hace poco tiempo la lucha contra los caracoles se intentaba sobre todo mediante el uso de moluscicidas, con un costo de unos US\$ 8,00 por 100 metros cúbicos de agua. En cambio, la lucha basada en el reemplazo de los caracoles huéspedes intermediarios por *Marisa* apenas cuesta una pequeña fracción de esa cantidad, unos US\$ 0,05 por 100 metros cúbicos de agua, y por otra parte no se corre el riesgo de contaminar el agua con agentes químicos que podrían tener efectos secundarios indeseables (11).

Estrategias ecológicas para la lucha contra problemas de salud

Lucha contra los murciélagos vampiros

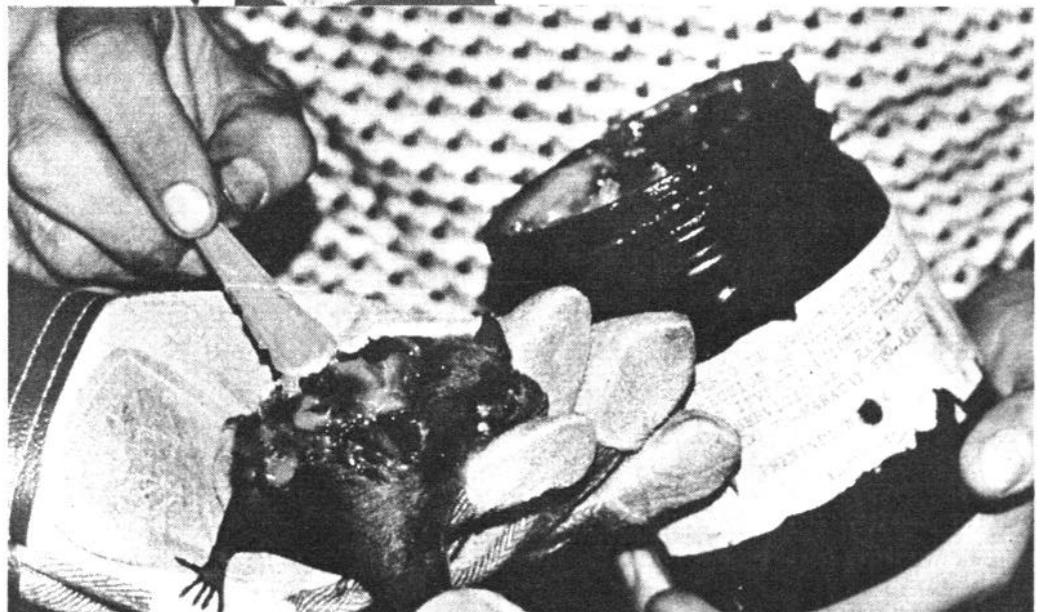
Una de las estrategias ecológicas más espectacularmente eficaces para tratar un problema de salud es la combinación de técnicas empleada para combatir la rabia bovina, enfermedad transmitida por murciélagos vampiros. Esta enfermedad es muy importante para la industria pecuaria de América Latina, donde cada año mata de medio a un millón de cabezas de ganado bovino (12). Tradicionalmente se ha venido luchando contra la rabia bovina mediante la vacunación del ganado vulnerable. Los intentos realizados para combatir a los vampiros dinamitando o quemando sus refugios han dado en general resultados poco satisfactorios y además han causado menos víctimas entre los vampiros que entre otros murciélagos pertenecientes especies beneficiosas.

Pero hace algunos años un grupo de investigadores en México encontró una técnica de lucha específica para los murciélagos vampiros, y bastante eficaz (13). La técnica se basó en las observaciones realizadas en vampiros en sus refugios, que reveló la frecuencia del aseo por lamida individual y social. Entonces se pensó que se podría tratar a un vampiro con un veneno y de esta forma otros muchos miembros de la colonia quedarían también envenenados a través del aseo social.

Como raramente se conocen los lugares donde se sitúan los refugios de los vampiros, lo más práctico es atraparlos mediante finas redes especiales de nailón que se sitúan alrededor del corral donde se encuentra el ganado. Los vampiros capturados se untan con una mezcla de vaselina y algún anticoagulante de acción prolongada, como warfarina o clorofacinona, y a continuación se dejan en libertad. Los vampiros vuelven a sus refugios donde se



Medidas de lucha contra murciélagos vampiros. Trabajadores de salud empiezan a desplegar una fina red para capturar vampiros (arriba), sacan de la red a un murciélago capturado (a la izquierda) y recubren a otra de sus capturas con una mezcla de vaselina y anticoagulante antes de liberarla (abajo).



unen a los demás miembros de la colonia y comienzan sus actividades mutuas de aseo por lamida, en el que se arrastra la vaselina que llevaban en la piel. De esta forma, tratando a un murciélago vampiro se puede causar la muerte de 20 a 40 individuos de la misma colonia (14).

Aunque esta técnica es eficaz, es preciso darse cuenta de la enorme extensión que ocupan los vampiros, desde México hasta Argentina, así como de que ninguno de los países de la Región ha podido acopiar recursos suficientes para combatir sistemáticamente a los murciélagos vampiros en la totalidad de su territorio. En consecuencia, sigue siendo necesario proseguir una estrategia de lucha capaz de detener la rabia bovina sin erradicar los vampiros.

La enfermedad sólo se manifiesta mediante la muerte del ganado bovino y a veces de otros animales (con frecuencia se afectan caballos y cerdos); pero esas víctimas no intervienen ni en la propagación ni en el mantenimiento del brote, que se producen mediante la transmisión del virus rábico de unos vampiros a otros. Esa transmisión se realiza de forma eficiente y con tanta mayor facilidad cuanto que la mayor parte de las colonias de vampiros están en comunicación con colonias próximas, con las cuales cada noche un pequeño número de miembros "intercambia visitas" (15). Como resultado de este comportamiento, los brotes de rabia en las colonias de murciélagos vampiros se van transmitiendo normalmente a través de una red de colonias comunicadas entre sí, a una velocidad de 10 a 40 kilómetros por año (14).

Estas epizootias migratorias tienden a seguir trayectos que corresponden a características topográficas naturales, como ríos y estribaciones montañosas. Esto se debe a que las poblaciones de vampiros se ven limitadas por los refugios disponibles, y refugios apropiados sólo se encuentran en lugares de especiales características geológicas, topográficas y de hábitats. Así, interrogando a los ganaderos que sufren pérdidas, se

podrá determinar cuál va a ser la vía de emigración de una epizootia, y circunscribir una zona a varios kilómetros por delante del avance del brote en la que se eliminen sistemáticamente los vampiros utilizando la técnica anticoagulante descrita. Después, cuando el brote llega a esa zona, sencillamente se agota por falta de huéspedes disponibles. Esta estrategia se ha aplicado con éxito en muchos países, entre ellos Argentina, Brasil y Venezuela, y gracias a ella se han podido vencer muchos brotes.

Medidas de lucha biológica

Por definición, el control de los vectores o de los huéspedes reservorios por medio de depredadores o de agentes morbosos no es una estrategia ecológica, sino que cae dentro de la categoría de la lucha biológica. Ello no obstante, los agentes de lucha biológica, al igual que los agentes químicos, se pueden utilizar en estrategias ecológicas y, por lo general, se requiere un considerable conocimiento de la ecología para aplicar adecuadamente los agentes de lucha biológica (1).

La lucha con agentes químicos por lo general no depende de la densidad de organismos objetivos. Es decir, una buena aplicación del agente permitirá eliminar casi todos los organismos o una proporción significativa de ellos sea cual fuere su densidad. En cambio, los agentes de lucha biológica están sometidos a los principios de la dependencia de la densidad, y su eficacia disminuye a medida que decrece la densidad de los organismos objetivos. Esto no va en detrimento del valor de los agentes biológicos, pero significa que en la mayor parte de los casos no será posible obtener la eliminación completa del organismo objetivo.

Por otra parte, la lucha con agentes biológicos ofrece la evidente ventaja de establecer un sistema que se regula a sí mismo. Es decir, cuando el organismo objeti-

vo es abundante, el método de lucha actúa con su máxima eficacia, mientras que cuando escasea, el agente biológico se mantiene también en una concentración baja hasta que de nuevo el organismo objetivo llega a ser abundante. Por ejemplo, *Gambusia affinis*, un pequeño pez que se alimenta en la superficie del agua con larvas de mosquito (16), tiene capacidad reproductora suficiente para mantenerse al ritmo de la expansión de la población de larvas de mosquito, y para controlarla. Cuando la presa escasea, como sucede en invierno, también la población de peces disminuye, manteniéndose en escasa cantidad hasta que regresa el tiempo cálido, con la consiguiente abundancia de presas.

Plantas flotantes para el tratamiento de aguas residuales

Aun cuando la mayoría de las estrategias ecológicas destinadas a luchar contra problemas de salud están dirigidas a determinados agentes morbosos, vectores o huéspedes reservorios, existen otras que pueden ser menos específicas. A este respecto el tratamiento de las aguas residuales, sobre todo de las aguas negras de origen doméstico, trata de romper los ciclos naturales de transmisión de varias enfermedades humanas que encuentran su origen en la contaminación fecal de los alimentos y el agua.

El tratamiento físico de las aguas residuales se ha estudiado a fondo y en muy diversos lugares se pueden encontrar excelentes instalaciones de tratamiento. Por desgracia, tales instalaciones son costosas, tanto en su construcción como en su preparación, y muchos países que realmente las necesitan no pueden costearlas.

Recientemente, se ha vislumbrado una solución a este problema basada en el empleo de la capacidad de filtración de plantas flotantes como el lirio acuático (*Eichornia crassipes*). Se ha encontrado

que diversos tipos de estanques de estabilización (unas veces son estanques separados en serie, otras veces un solo estanque en zigzag), en todo caso con una corriente continua de agua y una densa población de lirios acuáticos que crecen sobre la superficie, extraen adecuadamente desechos orgánicos e inorgánicos, y reducen hasta concentraciones aceptables el número de bacterias coliformes (17, 18). El agua procedente de esos estanques de estabilización biológica se puede devolver a los ríos después de su tratamiento, lo que constituye un inmenso progreso si se compara con la situación que existe en la actualidad en gran parte de América Latina. Los costos de construcción y mantenimiento de esos estanques son perfectamente accesibles para la mayor parte de las comunidades, pues se puede utilizar trabajo manual y no es preciso recurrir a técnicas costosas o complicadas.

Posibles estrategias ecológicas aplicables a América Latina

Lucha contra la EEV mediante el reemplazo del virus por cepas no patógenas

La mayor parte de las estrategias que se acaban de mencionar son relativamente sencillas, con la excepción tal vez de las aplicadas a la vigilancia del virus de la encefalitis de San Luis y a la lucha contra la rabia bovina. Sin embargo, es probable que las estrategias ecológicas del futuro en relación con la salud precisen de métodos cada vez más complejos.

Una posible estrategia del futuro está prevista para la lucha o incluso la eliminación de la encefalitis equina venezolana (EEV). Esta enfermedad, cuyos brotes esporádicos causan gran número de víctimas humanas, tiene como huéspedes reservorios a mamíferos silvestres como la rata espinosa (*Proechimys* spp.). Los équidos sir-

ven como huéspedes amplificadores durante las epizootias-epidemias.

En la actualidad, la vacuna que más se utiliza contra la EEV se obtiene a partir de una cepa patógena (cepa Trinidad Donkey, I-B), atenuada mediante 83 pases en serie por cultivo tisular. Como a veces esta atenuación parece ser insuficiente, son muchos los laboratorios que inactivan el virus de la vacuna antes de aplicarlo.

En la naturaleza existen otras muchas cepas de virus EEV, y varias de ellas no son patógenas ni para el hombre ni para los equinos (19). Y, sin embargo, la infección por estas variedades no patógenas confiere inmunidad contra las patógenas. Por consiguiente, se podría pensar en utilizar una u otra de estas cepas no patógenas como vacuna para inmunizar a los equinos en regiones donde la enfermedad recurre habitualmente (como en la península de la Guajira, perteneciente a Venezuela y a Colombia, (20)), utilizando mosquitos silvestres en lugar de jeringas hipodérmicas para la propagación del agente inmunizante.

En las regiones afectadas las lluvias son estacionales y poco tiempo después de su comienzo se produce un rápido aumento de las poblaciones de mosquitos. Si las operaciones se programan adecuadamente en el tiempo, se podrá infectar a un pequeño número de equinos estratégicamente situados con una cepa no patógena de virus EEV, que provocará una viremia de cuatro días en el animal. Como son muchos los miles de mosquitos que se alimentan en un equino cuando su población estacional se encuentra en el punto máximo, es de prever que gran número de esos insectos infectados servirán como vectores de la cepa no patógena, provocando en la zona un brote artificial que inmunizará a una proporción suficiente de la población equina como para constituir una barrera contra la posible introducción y amplificación de otras cepas patógenas.

Se trata de una idea perfectamente lógi-

ca y probablemente su viabilidad ya se ha demostrado en la naturaleza (21). En 1969 se inició un brote de EEV en la frontera entre El Salvador y Guatemala, brote que en 1970 se había extendido a México y avanzaba hacia el norte por las costas del Pacífico y del Golfo. Sin embargo, el brote nunca afectó a ciertas zonas pantanosas bajas de la región de la bahía de Campeche donde previamente se habían aislado otras cepas de virus EEV (21).

Del mismo modo, en 1973 se produjo una panzootia de encefalitis equina del oeste (EEO) en la parte meridional de América del Sur, que afectó a lugares de Argentina, Uruguay, Brasil y Bolivia. Sin embargo, en una región pantanosa de la parte septentrional de Argentina, Esteros de Iberá, no murió ningún caballo pese a que las pruebas serológicas demostraron que el virus EEO había existido en la región.

Este fenómeno indica que en algunas regiones húmedas donde los mosquitos vectores abundan en todo momento, ciertas virosis transmitidas por mosquitos pueden ser endémicas y causar continuas infecciones esporádicas en huéspedes susceptibles, lo que resultará en la muerte de los animales huéspedes o en su supervivencia con inmunidad contra ulteriores infecciones.

Es incluso concebible que puedan llegarse a erradicar las cepas patógenas de virus EEV. Es razonable suponer que esas cepas patógenas persisten en la naturaleza en ciertos focos enzooticos. Aun cuando hasta la fecha sólo se han encontrado focos de ese tipo en relación con cepas no patógenas (v.g., en Florida, México, Guatemala, Panamá, Venezuela y Brasil) (19), es posible que en algunos otros lugares de América del Sur existan focos de algunas de las cepas patógenas, ya que se trata de regiones que han sufrido repetidamente brotes periódicos de EEV (20).

Si llegaron a descubrirse esos focos, parecería posible reemplazar en ellos a las

cepas patógenas mediante la introducción de otras no patógenas. Esto podría conseguirse mediante la colocación en la zona focal de equinos estratégicamente situados y que previamente hubieran sido inoculados con la cepa no patógena. Como estos animales son mucho más grandes que los habituales roedores huéspedes reservorios, lo más probable sería que muchos millares de mosquitos se transformasen en vectores de las cepas no patógenas, infectando después con mucha mayor frecuencia a los roedores reservorios, con lo cual puede suponerse que se conseguiría el deseado reemplazo de la cepa patógena por un virus no patógeno.

Plantas acuáticas carnívoras para la lucha contra la esquistosomiasis

Otra interesante estrategia ecológica podría consistir en explotar la posibilidad de utilizar una planta carnívora acuática para suprimir la esquistosomiasis. Las plantas del género *Utricularia* tienen pequeñas vejigas que son estimuladas por objetos móviles, a los que absorben. Los estudios realizados han demostrado que *Utricularia* puede ingerir cercarias y miracidios, fases intermediarias del agente de la esquistosomiasis *Schistosoma mansoni* (22).

Por lo tanto, parece lógico que se ensaye la posibilidad de utilizar *Utricularia* como medida de lucha contra la esquistosomiasis en las regiones actualmente afectadas. De hecho, ya existe en la naturaleza una estrategia análoga. En Cuba se dan 17 especies de *Utricularia*, en Hispaniola cuatro y en Jamaica dos, mientras que en Puerto Rico no hay ninguna. Posiblemente esto está en relación con el hecho de que no haya esquistosomiasis en Cuba o Jamaica y sólo un pequeño foco en la República Dominicana, mientras que la enfermedad está generalizada en Puerto Rico (22).

Lucha antirrábica mediante la quimioesterilización de perros vagabundos

En América Latina existe un problema crónico de rabia canina. Aun cuando la enfermedad se puede encontrar en casi todos los países, la gravedad del problema está evidentemente correlacionada con las poblaciones suburbanas y su base la tiene en la población de perros vagabundos. Las capturas de perros, los distritos de lucha antirrábica, etc., nunca han sido muy populares a causa del tradicional amor que el hombre tiene al perro y la fuerte oposición pública a las matanzas de éstos.

Pero tal vez se pueda disponer de una estrategia que podría satisfacer la necesidad de reducir la población de perros vagabundos hasta cantidades razonables sin necesidad de destruir a estos animales. Se ha pensado en esta estrategia gracias a diversos estudios de la población canina hechos en las Américas y a la considerable información existente acerca de la dinámica de la población canina.

En general, el índice reproductor de los perros es elevado, con lo que se alcanza un promedio anual de renovación de la población del 68% aproximadamente. Esto significa que también es alta la mortalidad natural de los perros vagabundos y, por consiguiente, sólo la gran fecundidad de estos animales mantiene la densidad de las poblaciones. (En el presente artículo no interesan las causas de esta elevada mortalidad, moquillo, hepatitis, etc.)

Existen quimioesterilizantes, como la trietylenoaminomelamina (TEM) y el dietilstilbestrol, que se pueden poner al alcance de los perros vagabundos de la misma forma que se hace con los cebos de estircnina, con lo cual los animales quedarían estériles en lugar de fallecer y se evitaría así la reacción adversa de la población. De esta forma, sin un elevado índice reproductivo que compensara la mortalidad natural, rápidamente remitiría a la población hasta

cantidades que en el mejor de los casos serían inferiores al umbral necesario para mantener la rabia. Para aumentar la eficacia de este procedimiento, en los cebos quimioesterilizantes se podría asimismo incluir la moderna vacuna antirrábica oral.

Lucha contra la fiebre hemorrágica argentina

A mediados del decenio de 1950 a 1960 en la provincia de Buenos Aires se descubrió una nueva enfermedad que recibió el nombre de fiebre hemorrágica argentina, más popularmente conocida por el *mal de los rastros*. Investigaciones ulteriores indicaron que ciertos roedores silvestres actuaban como huéspedes reservorios del virus responsable, que se denominó virus de Junín, según una localidad próxima. Desafortunadamente, el nombre popular de la enfermedad indujo a creer que los roedores reservorios se encontraban en todos los extensos maizales de la región, y en estas condiciones era casi imposible luchar contra la enfermedad mediante la destrucción de los roedores.

Pero después se observó que los roedores reservorios se concentraban en los límites de los campos, generalmente a lo largo de carreteras, ferrocarriles o cercas (23). Esa observación se confirmó después mediante censos estandarizados de poblaciones de roedores, que dieron resultados estadísticamente analizables (24).

Como la región afectada se sitúa en una zona templada, existen considerables variaciones estacionales en la abundancia de roedores, con poblaciones que alcanzan su máximo a finales del verano cuando se dan asimismo la mayor parte de los casos humanos de enfermedad. A finales del invierno, inmediatamente antes del comienzo de la estación de cría, los números de roedores alcanzan sus puntos mínimos.

En general, las campañas realizadas últimamente contra los roedores han sido

más eficaces cuando se han dirigido a poblaciones ya mermadas por causas naturales y, como antes se dijo, la lucha más eficaz contra los roedores es la que se desarrolla mediante modificaciones del hábitat destinadas a destruir refugios y alimentos al alcance de esos animales. A este respecto, es importante que los campos agrícolas de las regiones afectadas a mediados del invierno carecen de alimentos y refugios propios para los roedores, que se ven obligados a refugiarse en las franjas habitables que limitan la zona cultivada, hasta que la primavera favorece el rebrotar de las plantas. De todas formas, es corriente que en los bordes de las carreteras o de las vías férreas, así como en la proximidad de las cercas, donde más suelen habitar las ratas, se encuentren grandes acúmulos de hierbas o de matorrales secos. De vez en cuando se procura quemar o arar esas franjas, pero como nunca se trata de esfuerzos coordinados, la eficacia de esas acciones es limitada.

El kudzú (*Pueraria lobata*) es una leguminosa trepadora cuyo uso se ha propuesto como forraje para el ganado vacuno, pero su crecimiento es tan exuberante que ha llegado a plantear problemas en el sudeste de EUA. El kudzú tiene ciertas necesidades específicas que limitan su distribución. Por ejemplo, se ha de plantar junto con un cultivo de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno que se encuentran en los nódulos de sus raíces. Las grandes hojas del kudzú extienden su sombra a otras plantas y donde crecen dominan la vegetación próxima, generalmente hasta excluirla por completo. Pero en invierno pierde sus hojas y en el terreno desnudo y expuesto sólo quedan los tallos. Si se plantara kudzú en los bordes de las carreteras y los ferrocarriles en los lugares donde se da la fiebre hemorrágica argentina, es probable que en el curso de varios años se produjese una disminución de la población de roedores, ya que las demás hierbas serían reemplazadas por esta

planta dominante que en invierno no ofrece ni alimento ni refugio a los roedores. La posibilidad de que el kudzú llegue a ser una mala hierba incómoda en esta zona es remota, pues el ganado la come con gusto y, por consiguiente, no es fácil que pueda invadir los pastos. Tampoco soporta el arado, con lo cual es incapaz de invadir maizales u otros cultivos. Es probable que llegue a recubrir las cercas de alambre, pero ese pequeño problema se puede resolver fácilmente con herbicidas.

Indicadores vegetales y animales de contaminación ambiental

Ya se mencionó antes la posibilidad de utilizar perros de compañía como centinelas de sustancias carcinógenas evacuadas por la industria al ambiente. En esta misma línea, otros muchos animales y ciertas plantas son útiles centinelas de contaminación atmosférica y del agua. También se utilizan organismos vivos como indicadores sensibles de sustancias tóxicas. Es bien conocida la práctica de utilizar canarios para detectar la presencia de gas en las minas, y hoy en día otros muchos seres vivientes se utilizan para determinar la existencia de sustancias tóxicas antes de que en el laboratorio de análisis se realice la identificación específica. Generalmente, las muestras de agua que se van a analizar se llevan antes a un laboratorio donde se exponen a ella peces, anfibios o sus huevos, con el fin de determinar su posible toxicidad; del mismo modo se podrían colocar organismos de prueba en un medio sospechoso (por ejemplo, poniendo líquenes en zonas con posible contaminación atmosférica). Esas estrategias pueden reducir los gastos de los laboratorios de análisis al eliminar las muestras negativas, y además se podría aumentar la riqueza de muestras, de forma que en un período relativamente largo se pudiera ensayar una zona de gran amplitud.

Observaciones finales

Existe una tendencia natural a pensar que los problemas de salud ambiental tienen su origen en la contaminación química del agua, aire y alimentos. Sin embargo, un crecimiento continuo de huéspedes reservorios y de poblaciones de vectores de enfermedades importantes para el hombre puede plantear un mayor problema ambiental. Esta multiplicación de ciertos huéspedes y vectores es resultado de la continua labor de modificación y simplificación que ejerce el hombre sobre el medio, actividades que de forma intencional pueden reducir el número de especies.

Por ejemplo, la mayor parte de los procedimientos agrícolas están destinados a limitar el número de especies de plantas a aquellas que producen las cosechas deseadas, considerando al resto como malas hierbas. Del mismo modo, la transformación de un bosque en terreno agrícola elimina a las especies animales que viven en ese bosque, favoreciendo a otras mejor adaptadas a las nuevas condiciones. De esta forma, en toda América Latina grandes números de individuos de ciertas especies tropiezan con problemas cada vez más graves. Las regiones irrigadas a lo largo del río Negro, en Argentina, se ven plagadas por el loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*), que sigue siendo cada vez más abundante a pesar de los costosos y en gran parte ineficaces programas de lucha. En Bolivia sudoriental, el loro de cabeza negra (*Nandayus nenday*) y en una amplia extensión de la parte meridional de América del Sur la cata común (*Myiopsita monachus*) son especialmente abundantes en regiones irrigadas, y su número aumenta de año en año. Los arrozales del sur de Corrientes, Argentina, que están infestados de ratas (*Holochilus brasiliensis*) han de soportar enormes poblaciones, verdaderas plagas, de ciertas aves, sobre todo el charlatán (*Dolichonyx orzo-*

vorus) y el tordo común (*Molothrus bonariensis*), y este último plantea también un problema en los campos cerealeros de Bolivia y Venezuela.

En todas las regiones mencionadas se han producido repetidos brotes de encefalitis equina del este y del oeste, que han causado gran cantidad de casos humanos. Estas enfermedades tienen como huéspedes reservorios a aves silvestres. Además, en la costa de São Paulo, Brasil, recientemente se ha manifestado una enfermedad por arbovirus hasta entonces desconocida que, según se ha dicho, reviste una importancia sólo inferior a la de la fiebre amarilla selvática (25). Se trata de una zona extensamente irrigada en la que viven grandes poblaciones de aves, que sirven como huéspedes reservorios de esa enfermedad. El agente responsable (virus rocio) está relacionado con el antes mencionado virus de la encefalitis de San Luis (ESL). La ESL se distribuye por toda América del Sur, donde existen poblaciones urbanas cada vez más numerosas de gorriones y palomas, que constituyen una amenaza por ser posibles huéspedes de epidemias como las que han ocurrido en la parte sudoriental de EUA.

Al igual que sucede con las aves, ciertos mamíferos, y sobre todo algunos roedores, se ven favorecidos por las actividades de desarrollo del hombre. Plagas de roedores con frecuencia infestan regadíos para arroz o caña de azúcar. Se han observado densas poblaciones que cubren grandes extensiones, como los ya mencionados arrozales del sur de Corrientes, Argentina, así como arrozales próximos a Calabozo, Venezuela, donde se colocan largas cercas de hoja metálica alrededor de los campos para protegerlos de la invasión de ratas (*Holochilus brasiliensis*). Los campos de caña de azúcar cerca de Tucumán, Argentina, y de todo el Caribe, también están infestados de roedores, generalmente *Rattus norvegicus*. Esta última especie, que tanto abunda en las

ciudades, invade asimismo las zonas rurales del altiplano de México, en números tan elevados que exigen importantes actividades de lucha.

La posibilidad de que los roedores sirvan de reservorios de enfermedades importantes, como la peste, supone una amenaza que en ningún caso se debe tomar a la ligera. Es inútil tratar de combatir las poblaciones de roedores mediante aplicaciones masivas de rodenticidas, al igual que tratar de luchar contra los insectos vectores mediante aplicaciones masivas de insecticidas, y ello por las mismas razones. Al igual que los insectos, los roedores están desarrollando resistencia a los plaguicidas, y la utilización de agentes nuevos y ligeramente distintos no sirve más que para aplazar la necesidad inevitable de recurrir a otras medidas de lucha. Por consiguiente, será preciso realizar grandes esfuerzos para conocer mejor la ecología y el comportamiento de las especies objetivas, de forma que se pueda obtener la información necesaria para aplicar estrategias ecológicas que mantengan el número de individuos de esas especies dentro de límites aceptables.

Resumen

Las estrategias ecológicas se han caracterizado como estrategias que se valen del conocimiento de la ecología y comportamiento de un organismo para conseguir determinadas metas con mayor eficiencia y eficacia de lo que se hubiera podido hacer mediante métodos tradicionales más directos. El costo de esas estrategias, estén o no relacionadas con la salud, ha de ser accesible para el país o los países interesados. En general, las estrategias ecológicas relacionadas con la salud son aplicables a: 1) la detección o la predicción de posibles problemas antes de que lleguen a afectar la salud humana, 2) la prevención de posibles problemas de salud y 3) la lucha

contra problemas de salud ya planteados. En el presente artículo se dan algunos ejemplos breves de los tres tipos de estrategia. Entre los mencionados en la categoría de "detección o predicción" figuran el uso de aves silvestres para vigilar la propagación del virus de la encefalitis de San Luis; el uso de hámsters, monos y perros como centinelas ante las enfermedades, y la percepción de la ausencia o la reducción de poblaciones de especies comunes como indicio de posible contaminación ambiental. En la categoría de estrategias preventivas se puede incluir el empleo de insecticidas de acción residual para prevenir la transmisión de agentes de enfermedades, el trabajo sobre hábitats para luchar contra las poblaciones de roedores, la liberación de insectos machos estériles para reducir las poblaciones de insectos vectores, las variaciones en el nivel de las aguas para combatir caracoles vectores y larvas de mosquitos, y el reemplazo de caracoles vectores de la esquistosomiasis por especies de caracoles competitivas pero que no son vectoras. Por último, entre las estrategias ecológicas citadas para combatir problemas ya planteados figuran el uso

de una técnica de barrera para detener las epizootias de rabia en poblaciones de murciélagos vampiros, el control automáticamente regulado de larvas de mosquitos mediante *Gambusia affinis*, y el tratamiento del agua contaminada con plantas flotantes. Se citan asimismo algunas posibles estrategias futuras. Entre ellas, la diseminación de virus no patógenos de encefalitis que reemplacen a las cepas patógenas, la introducción de plantas acuáticas carnívoras para combatir ciertas fases del ciclo biológico del esquistosoma, la quimioesterilización para reducir poblaciones de perros vagabundos capaces de mantener la rabia en el medio urbano, la introducción del kudzú para reducir las posibilidades de alimento y albergue en hábitats de roedores, y la colocación de organismos indicadores en zonas de presunta o potencial contaminación, con el fin de detectarla. En general, se piensa que tales estrategias ecológicas serán cada vez más complejas y cada vez más importantes a medida que los organismos objetivos vayan haciéndose más resistentes a otros tipos de medidas de lucha. ■

REFERENCIAS

1. Arata, A. A. The developing role of microbiological agents in vector control. *Experientia* 33:125-130, 1977.
2. Monath, T. P. *St. Louis Encephalitis*. Washington, D.C., American Public Health Association, 1980. 680 pp.
3. Lord, R. D., Calisher, C. H., Chappell, W. A., Metzger, W. R. y Fischer, G. W. Urban St. Louis encephalitis surveillance through wild birds. *Am J Epidemiol* 99:360-363, 1974.
4. Hayes, H. M., Hoover, R. y Tarone, R. E. Bladder cancer in pet dogs: A sentinel for environmental cancer? *Am J Epidemiol* 114:229-233, 1981.
5. Pratt, H. D. y Brown, R. Z. *Biological Factors in Domestic Rodent Control*. DHEW Publication No. (CDC) 76-8144. United States Public Health Service, Atlanta, 1976. 30 pp.
6. Weidhaas, D. E. Mosquito population control through the use of chemosterilants. *Am J Trop Med Hyg* 21:772-776, 1972.
7. Bailey, D. L., Lowe, R.E., Fowler, J. F. y Dame, D. A. Sterilizing and packaging males of *Anopheles albimanus wiedemann* for field release. *Am J Trop Med Hyg* 28:902-908, 1979.
8. Patterson, R. S., Weidhaas, D. E., Ford, H. R. y Longgren, C. S. Suppression and elimination of an island population of *Culex pipiens quinquefasciatus* with sterile males. *Science* 168:1368-1369, 1970.
9. Carmichael, G. T. Anopheline control through water management. *Am J Trop Med Hyg* 21:782-786, 1972.
10. Organización Mundial de la Salud. *Esquistosomiasis, epidemiología y lucha*. Informe de un Comité de Expertos de la OMS.

- Ginebra, 1980. (Serie de Informes Técnicos 643), 63 pp.
11. Jobin, W. R., Brown, R. A., Vélez, S. P. y Ferguson, F. F. Biological control of *Biomphalaria glabrata* in major reservoirs of Puerto Rico. *Am J Trop Med Hyg* 26:1018-1024, 1977.
 12. Acha, N. P. Epidemiology of paralytic bovine rabies and bat rabies. *Bull Of Intern Epizoot* 67:342-382, 1967.
 13. Linhart, S. B., Flores Crespo, R. y Mitchell, G. C. Control de murciélagos vampiros por medio de un anticoagulante. *Bol Of Sanit Panam*: 73(2):100-109, 1972.
 14. Lord, R. D. Guía sobre estrategia ecológica para controlar la rabia bovina. In: Moreno, R. ed., *Ciencia veterinaria*. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, 1981. pp. 77-102.
 15. Lord, R. D., Muradali, F. y Lazaro, L. Age composition of vampire bats (*Desmodus rotundus*) in northern Argentina and southern Brazil. *J Mammal* 57:573-575, 1976.
 16. Chapman, H. C., Petersen, J. J. y Fukuda, T. Predators and pathogens for mosquito control. *Am J Trop Med Hyg* 21:777-781, 1972.
 17. Dinges, R. Aquatic vegetation and water pollution control: Public health implications. *Am J Public Health* 68:1202-1205, 1978.
 18. Wooten, J. W. y Dodd, J. D. Growth of water hyacinths in treated sewage effluent. *Economic Botany* 30:29-37, 1976.
 19. Young, N. A. y Johnson, K. M. Antigenic variants of Venezuelan equine encephalitis virus: Their geographic distribution and epidemiologic significance. *Am J Epidemiol* 89:286-307, 1974.
 20. Lord, R. D. Encefalitis equina venezolana, su historia y distribución geográfica. *Bol Of Sanit Panam* 75(6):530-541, 1973.
 21. Sudia, W. D. y Newhouse, V. F. Epidemic Venezuelan equine encephalitis in North America: A summary of virus-vector-host relationships. *Am J Epidemiol* 101:1-13, 1975.
 22. Gibson, M. y Warren, K. S. Capture of *Schistosoma mansoni* miracidia and cercariae by carnivorous aquatic vascular plants of the genus *Utricularia*. *Bull WHO* 42:833-835, 1970.
 23. Cedro, V.C.F. Blind de Pérez Arrieta, C., Cacchione, R. A., Crespo, J., Cascelli, E. S., Rovere, R. J., Ruis y Ormaechea, J. A., Costa, E. R., Martínez, E. S. y Ramis, C. R. Aportes al estudio de la fiebre hemorrágica Argentina. In: *Fiebre Hemorrágica Argentina*. Buenos Aires, Secretaría de Salud Pública, 1966. pp. 11-63.
 24. Lord, R. D., Vilches, A. M., Maiztegui, J. I., Hall, E. C. y Soldini, C. A. Frequency of rodents in habitats near Pergamino, Argentina, as related to Junin virus. *Am J Trop Med Hyg* 20:338-342, 1971.
 25. De Souza Lopes, O., De Abreu Sacchetta, L., Coimbra, T. L. M., Pinto, G. H. y Glasser, C. M. Emergence of a new arbovirus disease in Brazil: II. Epidemiologic studies on 1975 epidemic. *Am J Epidemiol* 108:394-401, 1978.

Ecological strategies for the prevention and control of health problems (Summary)

Ecological strategies have been characterized as strategies that use knowledge of an organism's ecology and behavior to achieve goals with greater efficiency and effectiveness than might be achieved through more direct traditional methods. Such strategies, whether or not of a health-related nature, should entail costs that are within the means of the country or countries involved. In general, health-related ecological strategies may be applied to 1) detect or predict potential problems before they affect human health, 2) prevent potential health problems, and 3)

combat existing health problems. This article briefly describes examples of all three types of strategies. Those mentioned in the "detection or prediction" category include use of wild birds to monitor St. Louis encephalitis virus; use of hamsters, monkeys, and dogs as disease sentinels; and use of absent or reduced populations of common species as evidence of possible environmental contamination. Those in the category of preventive strategies include employment of residual insecticides to prevent transmission of disease agents, management of habitats to control rodent populations, release

of sterile male insects to reduce vector insect populations, variation of water levels to combat vector snails and mosquito larvae, and replacement of schistosomiasis snail vector, with competitive nonvector snail species. And, finally, cited ecological strategies to combat existing problems include use of a "fire-break" technique to stop rabies epizootics in vampire bat populations, automatically regulated control of mosquito larvae with *Gambusia affinis*, and treatment of contaminated water with floating plants. Possible future strategies are also noted. Among these are dissemination of nonpathogenic encephalitis viruses to replace pathogenic types, introduction of

carnivorous water plants to control certain stages of the schistosome life-cycle, chemosterilization to reduce stray dog populations capable of maintaining urban rabies, introduction of kudzu to reduce the food and shelter afforded by rodent habitats, and placement of indicator organisms in areas of suspected or potential contamination in order to detect such contamination. In general, it is suggested that such ecological strategies will become increasingly complex and increasingly important as target organisms become increasingly resistant to other types of control measures.

Estratégias ecológicas para prevenção e controle dos problemas de saúde (Resumo)

As estratégias ecológicas caracterizam-se como estratégias que aproveitam o conhecimento da ecologia e comportamento de um organismo para atingir determinadas metas com mais eficiência e eficácia do que se poderia ter conseguido por métodos tradicionais mais diretos. O custo dessas estratégias, estejam elas relacionadas ou não com a saúde, deve ser acessível para o país ou países interessados. Em geral, as estratégias ecológicas relacionadas com a saúde são aplicáveis a: 1) detecção ou predição de possíveis problemas, antes mesmo de que estes cheguem a afetar a saúde humana; 2) a prevenção de possíveis problemas de saúde e 3) a luta contra problemas de saúde já existentes. Este artigo descreve brevemente exemplos dos três tipos de estratégias. Os problemas mencionados dentro da categoria de "detecção ou predição", incluem o aproveitamento que se faz dos pássaros silvestres para o controle do vírus da encefalite de São Luis; o uso de hamsters, macacos e cães, como sentinelas avisadoras de doenças; perceber na ausência ou decréscimo de populações de espécies comuns, prova de possível contaminação ambiental. Na categoria de estratégias preventivas inclui-se o uso de inseticidas de ação residual para evitar a transmissão de agentes de doenças; boa administração dos habitats com controle adequado dos roedores; soltar insetos machos estéreis para diminuir as populações de insetos vectores; variação do nível de água para combater caracóis e lesmas

vectores bem como larvas de mosquitos; substituir os vectores da esquistossomíase por caracóis ou lesmas que lhes façam a concorrência mas que não sirvam de vectores. E, finalmente, entre as estratégias ecológicas já citadas para lutar contra problemas existentes, inclui-se o uso de "barreira contra fogo", técnica empregada para impedir o avanço das epizootias de raiva nas populações de morcegos vampiros; o controle automaticamente regulado de larvas de mosquitos por meio do *Gambusia affinis*, e o tratamento da água contaminada através de plantas flutuantes. Toma-se nota de possíveis estratégias futuras, entre as quais a disseminação de vírus de encefalite, não-patogênicos, para substituir as estirpes patogênicas; a introdução de plantas aquáticas carnívoras para combater certas fases do ciclo biológico do esquistossomo; a quimioesterelização para reduzir as populações de cães vira-lata que poderiam manter alta a taxa de raiva nos centros urbanos; a introdução do kudzu para diminuir as possibilidades de alimento e abrigo nos habitats de roedores; colocação de organismos indicadores em zonas onde se suspeita ou haja possibilidade de contaminação para poder detectar essa poluição. Sugere-se, de maneira geral, que essas estratégias ecológicas tornar-se-ão cada vez mais complexas e mais importantes na mesma medida em que os organismos-objetivo se convertem em mais e mais resistentes a outros tipos de medidas de controle.

Stratégies écologiques pour la prévention et le contrôle des problèmes sanitaires (Résumé)

Fondées sur une connaissance approfondie de l'écologie et du comportement d'un organisme vivant, les stratégies écologiques permettent d'atteindre plus sûrement et efficacement certains objectifs que ne le permettent des méthodes traditionnelles plus directes. Soit lié ou indépendant des problèmes sanitaires, le coût de ces stratégies doit être modéré et donc accessible pour le ou les pays intéressés. En termes généraux, les stratégies écologiques conçues en relation avec la santé sont applicables à: 1) la détection ou la prédiction de problèmes éventuels avant que la santé des êtres humains en soit affectée; 2) la prévention de problèmes éventuels de santé, et 3) la lutte contre les problèmes une fois posés. Quelques brefs exemples de ces trois types de stratégie font l'objet de cet article. En matière de "détection et prédiction", on peut citer l'emploi d'oiseaux sauvages pour surveiller la propagation du virus de l'encéphalite de San Luis; l'emploi de hamsters, singes et chiens comme sentinelles de la maladie, et la disparition ou la réduction d'espèces communes sont interprétées comme l'indice d'une probable pollution de l'environnement. Dans les stratégies préventives figurent l'emploi d'insecticides à action résiduelle pour prévenir la transmission d'agents pathogènes, l'action menée dans le cadre de l'habitat pour en éliminer les rongeurs, la mise en liberté d'insectes vecteurs, les changements du niveau des eaux pour lutter contre les escargots

vecteurs et les larves de moustiques, et la substitution d'escargots vecteurs de schistosomiase par d'autres espèces compétitives d'escargots pas vecteurs. Enfin, parmi les stratégies écologiques mises au point pour résoudre les problèmes désormais posés figurent l'usage d'une technique de barrage pour contenir les épizooties de rage parmi les chauves-souris, le contrôle automatiquement réglé de larves de moustiques au moyen de *Gambusia affinis*, et le traitement des eaux polluées à l'aide de plantes aquatiques. D'autres possibles stratégies sont envisagées pour l'avenir, et de citer à ce titre la dissémination de virus d'encéphalite non pathogènes qui remplaceraient les souches pathogènes, l'introduction de plantes aquatiques carnivores pour enrayer le cycle biologique du schistosome, la stérilisation chimique afin de réduire les bandes de chiens errants susceptibles de maintenir la rage à l'état endémique en milieu urbain, l'emploi de kudzú pour limiter les possibilités d'alimentation et de nidification dans les habitats de rongeurs, enfin l'emplacement d'organismes indicateurs dans les zones de pollution, suspecte ou potentielle, de manière à la détecter. Ces stratégies écologiques sont vraisemblablement appelées à devenir de plus en plus complexes et importantes au fur et à mesure que les organismes-cibles offriront plus de résistance à autres méthodes de lutte.