

*Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.*

# Lucha biológica contra los vectores de enfermedades

---

Sexto informe del Comité de  
Expertos de la OMS en Biología  
de los Vectores y Lucha Antivectorial

Organización Mundial de la Salud  
Serie de Informes Técnicos  
679

---



Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1982

ISBN 92 4 320679 6

© Organización Mundial de la Salud 1982

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Las entidades interesadas en reproducir o traducir en todo o en parte alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la Oficina de Publicaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

PRINTED IN SPAIN

82 5503 - Gráficas Reunidas - 1900

## INDICE

	<u>Página</u>
1. Introducción .....	5
2. Lugar de los agentes de lucha biológica en la lucha antivectorial.....	6
2.1 Principales problemas con que tropiezan los programas de lucha antivectorial .....	6
2.2 Esfuerzos por resolver los problemas actuales de la lucha antivectorial .....	7
2.3 Función de los agentes biológicos en la lucha antivectorial.....	8
2.4 Importancia de la ecología y biología de los vectores para el empleo de agentes de lucha biológica .....	9
2.5 Función de los agentes de lucha biológica en los programas de lucha antivectorial integrada .....	9
2.6 Participación de la comunidad en el empleo de agentes de lucha biológica .....	10
2.7 Cooperación técnica entre países en desarrollo .....	11
3. Situación actual de las actividades de investigación y desarrollo .....	11
3.1 Agentes biológicos más prometedores para la lucha antivectorial .....	12
3.2 Bacterias.....	13
3.3 Hongos .....	15
3.4 Protozoos .....	18
3.5 Nematodos.....	19
3.6 Virus .....	20
3.7 Potencial de parasitoides, predadores y competidores .....	21
3.8 Consideraciones acerca de la relación entre costo y eficacia .....	23
4. Factores comunes en la lucha biológica contra plagas agrícolas y vectores de enfermedades .....	25
5. Factores que afectan el desarrollo de los agentes biológicos .....	26
5.1 Revisión del plan de evaluación .....	26
5.2 Problemas de especificación, normalización e inspección de la calidad .....	28
5.3 Necesidades en materia de investigación y formación de personal .....	28
5.4 Difusión de la información y coordinación de las investigaciones.....	30
6. Directrices para actividades futuras .....	30
7. Conclusiones y recomendaciones .....	32
Referencias bibliográficas .....	36
Nota de agradecimiento .....	36
Anexo I: Plan de la OMS para determinar y evaluar la eficacia, la inocuidad y la repercusión ambiental de los agentes biológicos en la lucha contra vectores de enfermedades .....	37

**COMITE DE EXPERTOS DE LA OMS EN BIOLOGIA DE LOS VECTORES Y  
LUCHA ANTIVECTORIAL**

*Ginebra, 1-7 de diciembre de 1981*

*Miembros*

- Dr. M. M. Artemiev, Jefe del Servicio de Biología de los Artrópodos Hematófagos y de los Vectores de Enfermedades Tropicales, Instituto E. I. Martsinovsky de Parasitología Médica y Medicina Tropical, Moscú, URSS
- Dr. E. G. Beausoleil, Director de Servicios Médicos, Ministerio de Salud, Accra, Ghana (*Vicepresidente*)
- Dr. H. D. Burges, Funcionario Encargado del Grupo de Estudio sobre Patología de los Insectos, Instituto de Investigación sobre Cultivos en Invernadero, Rustington, Inglaterra
- Dr. B. A. Federici, Profesor Adjunto, División de Lucha Biológica, Departamento de Entomología, Universidad de California, Riverside, CA, EUA (*Relator*)
- Dr. A. M. Haridi, Director del Servicio de Biología, Proyecto de Salud en el Nilo Azul, Wad Medani, Sudán
- Profesor Liu Weide, Vicedirector del Instituto de Entomología de Shanghai, Academia Sinica, Shanghai, China
- Dr. S. Nalim, Jefe de la Subdivisión de Mamalogía, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Sanitarios, Centro de Investigaciones Ecológicas, Yakarta, Indonesia
- Dr. J. S. Pillai, Profesor de Microbiología, Universidad de Otago, Dunedin, Nueva Zelanda (*Presidente*)
- Dr. P. K. Rajagopalan, Director del Centro de Investigaciones sobre Lucha Antivectorial, Pondicherry, India
- Dr. C. H. Shafer, Director del Laboratorio de Investigaciones sobre Lucha contra los Mosquitos, Universidad de California, Fresno, CA, EUA

*Representantes de otras organizaciones*

*Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*

- Sr. B. Waiyaki, Funcionario del Programa, Servicio de Ordenamiento del Medio, PNUMA, Nairobi, Kenya

*Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*

- Dr. E. J. Buyck, Funcionario Superior (Entomología), División de Producción y Protección a las Plantas, FAO, Roma, Italia

*Organización Internacional para la Lucha Biológica contra los Animales y Plantas Nocivos*

- Dr. G. Mathys, Director General de la OILB, París, Francia

*Instituto de Lucha Biológica de la Commonwealth*

- Dr. D. J. Greathead, Subdirector del ILBC, Ascot, Inglaterra

*Secretaría*

- Dr. N. G. Gratz, Director de la División de Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial, OMS, Ginebra, Suiza
- Dr. C. P. Pant, Jefe del Servicio de Ecología de los Vectores y Lucha Antivectorial, OMS, Ginebra, Suiza
- Dr. N. Rishikesh, Científico Biólogo del Servicio de Ecología de los Vectores y Lucha Antivectorial, OMS, Ginebra, Suiza (*Secretario*)

# LUCHA BIOLÓGICA CONTRA LOS VECTORES DE ENFERMEDADES

## Sexto Informe del Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial

### 1. INTRODUCCION

El Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial se reunió en Ginebra del 1 al 7 de diciembre de 1981. El Dr. N. G. Gratz, Director de la División de Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial, abrió la reunión en nombre del Director General y expuso resumidamente la situación actual de los programas de lucha antivectorial. Hizo notar que en numerosos países miembros sigue habiendo enfermedades transmitidas por vectores y que la eliminación de estas enfermedades es esencial para alcanzar la meta de salud para todos en el año 2000. El descubrimiento de los insecticidas de acción residual en los últimos 40 años ha proporcionado un instrumento relativamente sencillo y barato para combatir los vectores de enfermedades especialmente en las vastas zonas rurales del trópico, donde enfermedades como el paludismo se cobran un gravoso tributo en sufrimientos y vidas humanas. No obstante, la aparición y propagación de la resistencia a los insecticidas en muchas especies de vectores, la preocupación por la contaminación ambiental causada por el uso inadecuado de los insecticidas y el encarecimiento de los nuevos tipos de insecticidas químicos ponen de manifiesto que la lucha antivectorial ya no puede basarse exclusivamente en los productos químicos.

La 23<sup>a</sup> Asamblea Mundial de la Salud recomendó en 1970 que se elaboraran métodos nuevos de lucha antivectorial (resolución WHA 23.33; 1) y se emprendieron en consecuencia las actividades oportunas. Más recientemente, los trabajos sobre lucha biológica<sup>1</sup> antivectorial han recibido nuevo impulso gracias al apoyo dado a las investigaciones pertinentes por el Programa Especial de Investigaciones y Enseñanzas sobre Enfermedades Tropicales, patrocinado conjuntamente por el PNUD, el Banco Mundial y la OMS. Un resultado apreciable de este apoyo ha sido la utilización de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, serotipo H-14, como insecticida microbiano. En ensayos sobre el terreno, preparaciones de esta bacteria han resultado muy eficaces contra larvas

---

<sup>1</sup>Se entiende aquí por "lucha biológica" la lucha contra los insectos nocivos, incluidos los vectores de enfermedades humanas, mediante el empleo directo o indirecto de enemigos naturales con sus metabolitos o sin ellos.

de mosquito y simúlidos vectores de enfermedades y, al mismo tiempo, notablemente inocuos para los otros organismos que no eran objeto de las operaciones de lucha.

Además de *B. thuringiensis* H-14, se está prestando nuevamente atención al empleo de peces larvívoros en la lucha antivectorial y se están estudiando muchos otros organismos en función de las posibilidades de utilizarlos como agentes de lucha biológica contra los vectores.

En vista de esta situación, se pidió al Comité que examinara críticamente el lugar de los agentes biológicos en la lucha antivectorial y el estado actual de las investigaciones sobre estos agentes y que discutiera las posibles trabas a su desarrollo y empleo operativo y el modo de superar esas limitaciones. Se pidió asimismo al Comité que asesorara a la Organización acerca del futuro plan de acción para la preparación y uso operativo de agentes de lucha biológica, teniendo presentes la necesidad de métodos económicos y sencillos de aplicar y los conceptos de participación de la comunidad, cooperación técnica entre países en desarrollo y atención primaria de salud.

## **2. LUGAR DE LOS AGENTES DE LUCHA BIOLÓGICA EN LA LUCHA ANTIVECTORIAL**

### **2.1 Principales problemas con que tropiezan los programas de lucha antivectorial**

El descubrimiento de los insecticidas de acción residual revolucionó las estrategias de lucha antivectorial y contribuyó en gran medida a la organización de programas eficaces y económicos para combatir las enfermedades transmitidas por vectores. Sin embargo, en años recientes se han manifestado graves obstáculos. Entre ellos están los problemas técnicos de la aparición y propagación de la resistencia a los insecticidas y el surgimiento de formas de comportamiento refractario en los vectores.

En su quinto informe (2), el Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial enumeró 51 especies de mosquitos anofelinos, 42 de culicinos y 41 de otros artrópodos importantes para la salud pública o veterinaria que eran resistentes a uno o más insecticidas. Muchas especies importantes de anofelinos vectores han desarrollado resistencia múltiple a organoclorados como el DDT y la dieldrina/HCH, organofosfatos y carbamatos. Sirvan de ejemplo *Anopheles albimanus* en varios países latinoamericanos, *A. sacharovi* en Grecia y Turquía, *A. stephensi* en la India, Irán, Iraq y Pakistán y *A. arabiensis* en Africa. Más recientemente, han desarrollado resistencia

al temefós *Simulium soubrense* y *S. sanctipauli* en Africa Occidental. Hasta ahora, la mosca tsetse es el único de los vectores de enfermedades importantes en el que no se ha registrado todavía resistencia a los insecticidas.

Ejemplos de comportamiento refractario se observan en *Anopheles farauti*, en las islas Salomón, Nuevas Hébridas y Papua Nueva Guinea, y en *A. balabacensis*, en Asia sudoriental. En los adultos de estas especies se ha observado un comportamiento evasivo, en sus formas de alimentación y descanso, que hace ineficaz el simple rociamiento de acción residual, ya que los mosquitos no tienen contacto suficiente con los depósitos de insecticida.

## **2.2 Esfuerzos por resolver los problemas actuales de la lucha antivectorial**

Para resolver problemas de la lucha antivectorial como los que se acaban de mencionar, se están elaborando o estudiando diversas técnicas. Brevemente, estas técnicas se refieren a los puntos siguientes:

### *1) Descubrimiento de insecticidas substitutivos*

El descubrimiento y uso de insecticidas substitutivos es la respuesta más inmediata al problema de la resistencia. El programa de la OMS para la evaluación y ensayo de nuevos insecticidas (3), establecido en 1960, ha ensayado más de 2000 compuestos, de los cuales sólo 10 se han considerado idóneos para su uso operativo como insecticidas de acción residual. Por consiguiente, la disponibilidad de nuevos compuestos puede no ser suficiente para resolver el problema.

### *2) Retardar la aparición de resistencia*

La resistencia cruzada y la resistencia múltiple ponen de manifiesto la necesidad de comprender el mecanismo de la resistencia y de aplicar juiciosamente los insecticidas existentes con el fin de retardar su aparición. Las técnicas principales son la rotación de insecticidas y su aplicación en forma de mezclas.

### *3) Otras técnicas de aplicación*

Cuando el vector es exófilo, exófago y peridoméstico, ha resultado útil aplicar los insecticidas en forma de aerosoles en volúmenes ínfimos y nieblas o nebulizaciones térmicas, especialmente durante epidemias de fiebre hemorrágica dengue y encefalitis japonesa.

#### 4) *Lucha genética*

Pese a los intensos esfuerzos desplegados, la lucha genética contra los vectores no ha resultado practicable. Sin embargo, la lucha genética encaminada a reducir las poblaciones de vectores puede tener aplicación contra la mosca tsetsé habitante de los ríos.

#### 5) *Métodos ambientales*

La intervención en el medio ambiente para prevenir o eliminar los hábitats que favorecen la cría de vectores y la manipulación ambiental para prevenir o reducir esa cría mediante la alteración de los hábitats son métodos eficaces de lucha antivectorial. Aunque son elevados los costos iniciales asociados con la aplicación de métodos ambientales, éstos suelen ser rentables y sus resultados duraderos.

#### 6) *Métodos innovadores*

Estos comprenden métodos sencillos y económicos aplicables por la comunidad con un mínimo de especialización. Sirvan de ejemplo las baratas trampas de eclosión utilizadas para combatir a *Culex quinquefasciatus* sobre las letrinas de pozo y las sencillas trampas cónicas, impregnadas o no de insecticida, utilizadas contra la mosca tsetsé fluvial.

#### 7) *Lucha biológica*

Se vienen utilizando, por ejemplo, desde hace muchos años peces larvívoros y ahora se les está dando nuevamente importancia en la lucha antivectorial. Se están obteniendo nuevos agentes, en particular organismos patógenos, habiéndose llegado a la fase de aplicación práctica de *Bacillus thuringiensis* H-14 (véase la sección 3).

#### 8) *Métodos integrados*

Cada vez es más evidente que la integración de los métodos químicos con los biológicos o ambientales puede aminorar la actual dependencia respecto de los productos químicos. Por ejemplo, en años recientes se han utilizado masivamente peces del género *Gambusia* en los programas antipalúdicos de Afganistán e Irán en las mismas zonas en que se empleaban insecticidas de acción residual.

### 2.3 **Función de los agentes biológicos en la lucha antivectorial**

Los enemigos naturales, como predadores, competidores y organismos patógenos, desempeñan un papel importante para contener la

proliferación de los vectores en la naturaleza. Conviene preservar en lo posible estos enemigos naturales de los vectores. En algunos casos, cabe incrementar su impacto modificando en su favor el medio ambiente. Por ejemplo, si se quita la maraña de los hábitats acuáticos mejora la eficacia de los peces como predadores de larvas. La producción y aplicación en masa de los enemigos naturales es aún más eficaz para, en ocasiones, lograr resultados en breve plazo y, otras veces, para conseguir una reducción duradera de los vectores (por ejemplo, mediante la suelta de peces larvivoros). La aplicación de estos agentes depende de la especie y hábitat del vector y de la idoneidad del procedimiento en cada situación.

#### **2.4 Importancia de la ecología y biología de los vectores para el empleo de agentes de lucha biológica**

Para que los métodos de lucha biológica resulten eficaces es necesario conocer la ecología y biología del vector aún más detalladamente que cuando se trata de aplicar plaguicidas químicos, ya que los agentes biológicos son organismos vivos en interacción con el vector y su medio ambiente. En muchas situaciones, se llega a un equilibrio entre el vector y el agente biológico y no se alcanzan resultados apreciables; es, pues, necesario conocer los factores que afectan la relación entre el agente de lucha y el vector en esas situaciones. Además, es esencial estudiar los factores pertinentes no sólo en relación con las diferentes regiones geográficas, sino también con los diferentes tipos de hábitat, ya que los datos relativos a un tipo no son con frecuencia aplicables a otro.

#### **2.5 Función de los agentes de lucha biológica en los programas de lucha antivectorial integrada**

La acción integrada contra las especies vectoras se ha basado considerablemente en la estrategia de lucha integrada contra las plagas en la agricultura. La actividad sumamente específica de un agente biológico como *Bacillus thuringiensis* H-14 hace que pueda ser utilizado él solo para reducir la densidad de los vectores por debajo del nivel crítico requerido para la transmisión de la enfermedad. No obstante, la máxima ventaja de estos agentes está en su capacidad de acrecentar el efecto de los enemigos naturales o en su empleo en combinación con prácticas agrícolas o incluso con cantidades limitadas de plaguicidas químicos. La metodología aplicada variará probablemente según la

especie del vector e incluso según el hábitat para un mismo vector. La relación entre el costo y la eficacia de un método integrado dependerá de las circunstancias y objetivos de la estrategia de lucha.

El empleo de más de un agente de lucha biológica para suprimir una especie de vectores puede resultar practicable y se debe estimular siempre que sea posible, ya que puede producir resultados óptimos en la supresión del vector. Un ejemplo de esta táctica en su forma más sencilla sería la combinación de *B. thuringiensis* H-14 con peces larvivoros en grandes extensiones de agua. *B. thuringiensis* H-14, aplicado en los intervalos oportunos, actuaría como agente con efectos inmediatos, mientras que los peces actuarían como agentes a largo plazo para contener las poblaciones de vectores durante períodos prolongados.

El tipo de pez que conviene utilizar en una operación combinada puede variar según las situaciones. Por ejemplo, peces como *Oryzias latipes* pueden utilizarse en extensiones de agua permanentes, mientras que otros, como *Nothobranchius* spp., podrían servir para las temporales. En lo posible se deben utilizar especies de peces locales para reducir al mínimo los efectos sobre las especies no vectoras.

La proliferación de mosquitos asociada con el regadío es una causa importante de transmisión de enfermedades. El uso de plaguicidas químicos contra mosquitos y plagas agrícolas ha contribuido a propagar la resistencia en unos y otras. Es evidente que una estrategia de lucha integrada debe ser la principal prioridad cuando se trata de la proliferación de mosquitos en ecosistemas agrícolas. Esto se puede enfocar de diversas maneras en función de las circunstancias. Por ejemplo, una opción obvia es utilizar la formulación más apropiada de *B. thuringiensis* H-14 e introducir periódicamente peces larvivoros idóneos. Sin embargo, conviene señalar que ese método debe además aprovechar lo mejor posible todos los factores reguladores naturales existentes para alcanzar resultados óptimos, procurando al mismo tiempo causar el mínimo de perjuicios al medio ambiente. Otra ventaja de tal programa es que la introducción de peces aporta beneficios tangibles en forma de fuente adicional de proteínas y asegura la participación de la comunidad en la gestión de recursos.

Poco se sabe acerca de la posible aplicación de medidas de lucha antivectorial integrada para combatir vectores como los triatómidos, las moscas tsetse y los flebótomos. La supresión significativa de poblaciones de estos vectores y la reducción consiguiente en la incidencia de las enfermedades puede depender en último término del desarrollo de estrategias de lucha antivectorial integrada. Los complejos parasitoides de estas especies son tal vez más importantes para regular las densidades de población que en el caso de los grupos de vectores acuáticos.

## **2.6 Participación de la comunidad en el empleo de agentes de lucha biológica**

Se convino en que los individuos y las comunidades pueden desempeñar las funciones útiles siguientes en la utilización de agentes biológicos en programas de lucha antivectorial:

- 1) persuadir al público, mediante la educación, para que acepte el empleo de agentes de lucha biológica como método inocuo y eficaz para combatir a los vectores; y
- 2) vigilar la intensidad de proliferación de los vectores y las densidades de éstos (se podría adiestrar a personas para que llevasen un registro sencillo de sus observaciones y presentasen informes periódicos a las autoridades competentes).

Se debe estimular y apoyar a los países en desarrollo para que cuenten con el personal y los medios de investigación necesarios acerca de la lucha biológica contra los vectores y también para que establezcan instalaciones adecuadas para la producción de ciertos agentes biológicos que respondan a las necesidades locales y para la exportación a otros países. Sin embargo, el Comité hizo notar que la mayoría de las comunidades no están técnicamente preparadas para utilizar agentes biológicos en la lucha contra los vectores, aparte de la cría y empleo de peces contra los mosquitos en situaciones especiales. Las comunidades no pueden en la fase actual ocuparse de producir agentes como *B. thuringiensis* H-14, en vista de las competencias y la tecnología necesarias para asegurar la inocuidad y una buena calidad.

## **2.7 Cooperación técnica entre países en desarrollo**

Se reconoció que este concepto ofrecía grandes perspectivas al desarrollo y utilización de agentes de lucha biológica. En aplicación de él, los países en desarrollo podrían compartir su experiencia, capacitar personal y enviar a trabajadores para que se ocupasen de determinadas actividades en uno u otro de los países participantes. Conviene fomentar estas actividades, así como la transferencia de tecnología desde los países desarrollados.

## **3. SITUACION ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACION Y DESARROLLO**

El equilibrio de la naturaleza depende en gran medida de la regulación de las densidades de población por parasitoides, predadores, competidores, parásitos y organismos patógenos. La lucha biológica

consiste fundamentalmente en la manipulación de este sistema natural de regulación en beneficio del hombre.

Al examinar la posibilidad de la lucha biológica, procede destacar que los sistemas de regulación más naturales dependen, entre otros factores, del incremento estacional de las poblaciones de enemigos naturales. Los medios de lucha que tienen un impacto no selectivo (por ejemplo, el empleo de insecticidas de amplio espectro) perturban con frecuencia gravemente el equilibrio de la naturaleza. Estas perturbaciones pueden provocar densidades anormalmente elevadas de poblaciones de vectores o insectos dañinos. Es, pues, de suma importancia, al elaborar las medidas de lucha antivectorial, conservar en lo posible los enemigos naturales que ponen freno al incremento de las poblaciones de vectores. La organización de programas de lucha antivectorial bien diseñados que se acomoden a este principio facilitará mucho el empleo eficaz de los agentes de lucha biológica.

El Comité de Expertos de la OMS en Insecticidas recomendó en su 21º informe un plan para determinar y evaluar la eficacia, la inocuidad para los mamíferos y la repercusión ambiental de los agentes biológicos en la lucha contra los vectores de enfermedades humanas (4). Se ha revisado este plan y además se ha preparado otro para la evaluación de organismos patógenos, parasitoides, predadores y competidores (Anexo 1).

### **3.1 Agentes biológicos más prometedores para la lucha antivectorial**

Entre los numerosos agentes que se están preparando, el Comité hizo observar que los siguientes ofrecen las mayores posibilidades para combatir a los vectores. Los estudios de inocuidad sobre los agentes que son patógenos para los insectos han demostrado su margen de seguridad excepcionalmente elevado para los mamíferos y otros organismos que no son objeto de las medidas de lucha.

— *Bacillus thuringiensis* H-14. Recientemente se ha empleado una formulación de esta bacteria en operaciones contra los simúlidos-vectores de la oncocercosis, formulación que está pendiente de ensayos prácticos en gran escala contra los mosquitos. Aunque es eficaz contra géneros muy diversos de mosquitos y simúlidos, no se recicla en el medio ambiente en cantidad suficiente para tener un grado significativo de actividad residual.

— *Bacillus sphaericus*. Esta bacteria tiene unas posibilidades de aplicación semejantes a las de *B. thuringiensis* H-14, pero contra una gama más reducida de vectores. Hay muestras de que puede reciclarse en hábitats contaminados ricos en materia orgánica, lo cual hace que

consERVE considerable eficacia contra los mosquitos durante periodos prolongados. Hay en ejecución ensayos prácticos en pequeña escala para evaluar sus posibilidades en diferentes hábitats acuáticos.

— Hongos. Se están estudiando *Culicinomyces clavosporus*, *Lagenidium giganteum*, *Tolytocladium cylindrosporum* y varias especies de *Coelomomyces* y se espera que sean utilizables contra larvas de mosquitos en determinadas circunstancias.

— Nematodos. En ciertas situaciones pueden ser eficaces contra larvas de mosquitos varias especies de nematodos mermítidos como *Romanomermis culicivorax*, *R. iyengari* y *Octomyomermis muspratti*.

— Peces. En general, se recomienda emplear peces indígenas y no introducirlos de otras partes. En operaciones contra *Anopheles arabiensis* en Somalia se va a utilizar *Orcochromis spilurus spilurus*, que ofrece buenas perspectivas de uso en hábitats semiáridos de otras regiones. También prometen buenos resultados miembros de las familias *Cyprinodontidae* (por ejemplo, *Aphanius* spp., *Aplocheilichthys* spp. y *Oryzias* spp.), *Hemirhamphidae*, *Anabantidae* y *Cichlidae* (por ejemplo, *Tilapia* spp.).

— *Gambusia* spp. es utilizable en algunas zonas, pero puede destruir los peces locales y, por lo tanto, no se debe introducirlo en nuevas zonas sin estudiar detenidamente la ecología y la fauna de peces. Asimismo, se debe evitar el empleo de otros peces exóticos, con la notable excepción de peces anuales como *Nothobranchius* spp. (véase la sección 3.7.1). Estos peces son útiles contra los vectores que crían en aguas temporales, ya que no pueden invadir aguas permanentes a causa de sus hábitos de cría especializados.

— Mosquitos predadores. Después de su introducción en ciertas islas apartadas, algunas especies de *Toxorhynchites* (por ejemplo, *Toxorhynchites amboinensis*) han sido considerablemente eficaces contra mosquitos vectores que crían en espacios reducidos, como agujeros de árboles.

— Moluscos competidores. Los moluscos *Marisa cornuarietis* y *Thiara granifera*, entre varios otros competidores de los moluscos acuáticos vectores, prometen dar buenos resultados. Por ejemplo, han eliminado poblaciones de *Biomphalaria* en varios hábitats de Puerto Rico y Santa Lucía, respectivamente.

### 3.2 Bacterias

Todas las bacterias tomadas en consideración para la lucha antivectorial forman toxinas activas y estables y esporas. Por consiguien-

te, se pueden almacenar durante periodos prolongados incluso a la temperatura ambiente del trópico. Se pueden preparar en forma de suspensiones, polvos humectables y polvos para aplicación en seco que se pueden administrar con facilidad con el equipo habitual utilizado normalmente para los plaguicidas químicos.

La producción en masa es fácilmente practicable en instalaciones de fermentación y en medios líquidos o sólidos esterilizados. En estos medios pueden proliferar rápidamente muchas otras bacterias, por lo cual se debe evitar la contaminación durante todo el periodo de fermentación. Los medios deben ser aireados en forma continua y vigorosa con aire estéril.

Las toxinas son potentes venenos intestinales larvicidas. Sólo surten efecto cuando son ingeridas por las larvas, ya que no actúan por contacto. Atacan una amplia gama de dípteros vectores acuáticos, contra los cuales pueden ser eficaces en aplicaciones masivas. No obstante, deben ser formuladas de manera que no desaparezcan de las zonas donde se alimentan las larvas de los vectores, aspecto que aún es preciso mejorar. No afectan a huevos, prepupas, pupas y adultos.

Las bacterias son inocuas para la fauna que no es objeto de las medidas de lucha y, por lo tanto, no hacen que aumenten las poblaciones de vectores como consecuencia de la supresión de sus enemigos naturales. Como toleran condiciones ambientales muy diversas, como una temperatura y salinidad elevadas y la mayoría de los plaguicidas químicos, las bacterias se pueden emplear en casi todos los hábitats donde es practicable la aplicación de larvicidas contra especies vectoras. Como son muy inofensivas para el hombre, se pueden aplicar al agua potable doméstica y en presencia de cultivos de plantas alimenticias, incluso en época de recolección (5).

Estas bacterias se dividen en dos grupos: *Bacillus thuringiensis* y *B. sphaericus*.

### 3.2.1 *Bacillus thuringiensis* H-14

La producción de *B. thuringiensis* para combatir las plagas agrícolas y forestales es una industria en expansión. Calculando muy por lo bajo, se han empleado 12000 toneladas hasta 1980, gran parte de ellas en cultivos de plantas alimenticias. El hecho de que no se hayan notificado daños en el hombre atestigua la inocuidad de esta especie. Ahora se está produciendo industrialmente una nueva variedad, el serotipo H-14, especialmente activa contra las larvas de mosquitos y simúlidos. Se ha ensayado extensamente contra otros tipos de fauna. Es muy activo contra *Aedes*, *Culex* y *Psorophora* spp. y algo menos contra *Anopheles*, si bien esta diferencia tal vez se deba a las características de las

biovaloraciones aplicadas para medir la potencia. Se usa en operaciones contra larvas de simúlidos en la Costa de Marfil y en breve se va a ensayar sobre el terreno en gran escala contra los mosquitos.

El cristal de toxina se forma juntamente con la espora. Las enzimas larvarias digieren el cristal, liberando la toxina segundos después de la ingestión, y las larvas mueren a las pocas horas de ingerir una dosis letal. Las bacterias sólo persisten algunos días y son necesarios tratamientos periódicos durante la estación de cría de los vectores. Sin embargo, como los enemigos naturales no son afectados, con frecuencia se incrementa su número hasta suprimir nuevas infestaciones, lo cual permite alargar el intervalo entre los tratamientos.

Según los datos existentes, no ha habido resistencia cruzada con insecticidas químicos ni hay indicación alguna de que se haya desarrollado resistencia a *B. thuringiensis* H-14 en sí mismo.

Recientemente se han transferido a otras bacterias genes reproductores de la proteína tóxica. Tal vez se puedan obtener toxinas más activas en variedades y serotipos diferentes.

### 3.2.2 *Bacillus sphaericus*

La toxina de esta especie se sitúa en el tegumento de las esporas. Es más activa que *B. thuringiensis* H-14 contra ciertas especies de mosquitos y muy activa contra las larvas de culicinos. Su actividad contra culicinos y anofelinos varía mucho según las especies. No actúa contra las larvas de simúlidos. *B. sphaericus* puede proliferar por saprofitismo en algunas aguas contaminadas (a diferencia de *B. thuringiensis* H-14, que es más eficaz en agua pura), en particular en los tanques de sedimentación, que vienen a continuación de los tanques de aireación turbulenta en las instalaciones de tratamiento de aguas servidas. Esto permitiría la reducción continua de las poblaciones de mosquitos. Las bacterias mueren en los tanques de cloración, pero la toxina queda indemne y afecta a las larvas que haya aguas abajo de estos tanques. Es necesario estudiar más detenidamente los hábitats acuáticos en que puede reciclarse *B. sphaericus*, ya que esta capacidad daría a esta especie una ventaja sobre *B. thuringiensis*.

Se han ensayado sobre el terreno pequeños lotes experimentales. Han terminado las pruebas de inocuidad y se considera que *B. sphaericus* no es nocivo para los mamíferos.

### 3.3 Hongos

Se considera que muchos tipos diferentes de hongos son utilizables en la lucha antivectorial. Pertenecen a las clases de hongos Chytridiomyce-

tes, Oomycetes, Zygomycetes y Deuteromycetes (Fungi Imperfecti), basándose las clases en los diferentes ciclos biológicos.

### 3.3.1 *Chytridiomycetes*: *Coelomomyces* y *Coelomycidium*

Los hongos del género *Coelomomyces* son parásitos obligados que se encuentran muy frecuentemente en larvas de mosquitos. Tienen ciclos de vida complejos en los que para completar el ciclo necesitan, como huésped crustáceo, sea un copépodo o un ostrácodo. Aunque la mayoría de las especies se han encontrado en mosquitos, se sabe de algunas que atacan las larvas de Chironomidae. Los resultados de recientes observaciones sobre el terreno y ensayos de laboratorio indican que algunas especies de *Coelomomyces* parasitan huéspedes muy diversos, siendo unas pocas especies capaces de atacar mosquitos de géneros diferentes. Hay mucho interés por utilizar y evaluar *Coelomomyces* para combatir mosquitos, pues se sabe que varias especies de este género pueden causar epizootias en poblaciones de larvas logrando una mortalidad superior al 90%. Además, una vez establecido en un hábitat, el hongo se reproduce a menudo durante varios años, obteniendo una reducción entre moderada y alta de las poblaciones de larvas. Estudios practicados en la URSS han mostrado que *Coelomomyces iliensis* se puede trasladar a nuevos hábitats si está presente el huésped copépodo intermediario y que su establecimiento consigue a menudo la eliminación de *Culex modestus*.

En cuanto parásitos obligados que necesitan para desarrollarse parasitar un crustáceo y un mosquito, la mayoría de las especies de *Coelomomyces* han resultado difíciles de estudiar y evaluar. Sin embargo, como parásitos muy específicos que buscan larvas de mosquitos pueden ser sumamente útiles para eliminar vectores en el futuro.

*Coelomycidium* constituye un complejo de especies que atacan a los simúlidos en muchas partes del mundo. Este hongo invade y mata selectivamente las larvas de simúlidos. Sin embargo, se conoce mal su biología, ya que han sido infructuosos los intentos por transmitirlo en el laboratorio.

### 3.3.2 *Oomycetes*: *Lagenidium giganteum*

Los hongos oomicetos son organismos saprófitos, muchos de los cuales tienen preferencia por los sustratos quitinosos. Se ha informado que varios aislamientos de una especie, *Lagenidium giganteum*, causan una elevada mortalidad en larvas de mosquitos en la naturaleza. Estudios recientes han revelado que *L. giganteum* es capaz de parasitar las larvas de la mayoría de las especies de *Aedes* y *Culex* contra las que se ha probado su eficacia, pero los anofelinos han resultado a menudo

difíciles de infectar. El hongo produce zoosporas que se enquistan en regiones muy esclerotizadas de la cutícula o en otros sustratos idóneos. Las que se enquistan en larvas, invaden al huésped en unas pocas horas y lo colonizan en un periodo de algunos días, acabando por causarle la muerte. Posteriormente producen una nueva generación de zoosporas. Se consideran grandes las posibilidades de aprovechar este hongo como agente antivectorial, ya que en algunos hábitats produce en larvas una mortalidad media del 90% durante la primavera y al comienzo del verano. Además, a diferencia de *Coelomomyces*, se puede cultivar en medios artificiales y es capaz de mantenerse en un hábitat sin la presencia de un huésped. Sin embargo, los resultados obtenidos en ensayos experimentales sobre el terreno han sido irregulares, por lo que se está procediendo a nuevos ensayos.

### 3.3.3 *Zygomycetes*: *Entomophthora*

Los hongos de este grupo que interesan para la lucha antivectorial pertenecen al género *Entomophthora*, de los cuales varios miembros han sido hallados en especies vectoras, ocasionalmente en larvas, pero más frecuentemente en adultos. Su capacidad de matar y propagarse entre los adultos en condiciones de gran humedad es lo que indica que tal vez sean de alguna utilidad para combatir a los vectores. Sin embargo, aunque se puede producirlos en medios artificiales, los conidios, fase del hongo activa contra las larvas, a menudo no germinan fácilmente, por lo que ahora se considera que las especies de *Entomophthora* no son de gran utilidad para la lucha antivectorial.

### 3.3.4 *Deuteromycetes (Fungi Imperfecti)*

Tres especies de hongos imperfectos están siendo evaluadas como agentes antivectoriales: *Metarhizium anisopliae*, *Culicinomyces clavosporus* y *Tolypocladium cylindrosporum*. Estos hongos producen conidios cuando se los cultiva en sustratos naturales o medios artificiales. La mayoría de los ensayos se han realizado contra larvas de mosquitos.

Cuando se lo rocía sobre la superficie de aguas en las que crían mosquitos, los conidios de *M. anisopliae* se adhieren a las válvulas de sifón larvarias, germinan y matan a las larvas, según parece por sofocación. Se han practicado varios ensayos sobre el terreno con conidios de *M. anisopliae* contra larvas de *Culex* y *Anopheles*, pero se han considerado insatisfactorios los resultados, ya que índices de rociamiento tan altos como 3 kg/ha no han tenido una eficacia significativa. Además, el hongo no se recicla en hábitats acuáticos y por el momento no ofrece grandes perspectivas para combatir a los vectores.

Los conidios de *C. clavosporus* son baciliformes, miscibles con agua

y están cubiertos de una sustancia mucilaginosa que les permite adherirse al revestimiento quitinoso de la faringe de las larvas de mosquitos. Después de adherirse a la faringe, el hongo invade las larvas matándolas en unos pocos días y produciendo más conidios. Los conidios de esta especie se pueden producir en medios artificiales líquidos en cultivo sumergido y aplicarse a los hábitats en forma de suspensiones acuosas. Las pruebas preliminares indican que *C. clavosporus* parasita especies muy diversas de mosquitos y es más eficaz sobre el terreno que *M. anisopliae*. Sin embargo, los actuales procedimientos e índices de aplicación son excesivos y es preciso modificarlos grandemente antes de que se pueda considerar este hongo operativo.

*T. cylindrosporum* está adaptado a los hábitats acuáticos; sólo recientemente se lo ha aislado en larvas de mosquitos. Los estudios preliminares indican que este hongo es tan eficaz contra ellas como *C. clavosporus* y tolera mejor la sal, lo que tal vez lo haga más apto para combatir las larvas que se crían en aguas salobres.

### 3.4 Protozoos

De los protozoos, que constituyen un extenso grupo de organismos diversos que comprende desde los ciliados a los esporozoos, los que se consideran más prometedores para la lucha antivectorial pertenecen sobre todo a los microsporidios. Basándose en sus ciclos biológicos, cabe clasificar estos protozoos en microsporidios monomórficos y dimórficos.

#### 3.4.1 *Microsporidios monomórficos*

Los microsporidios monomórficos son protozoos con ciclos biológicos relativamente sencillos en los que sólo se produce un tipo único de esporas. Entre los de interés para la lucha antivectorial figuran *Nosema algerae*, *Vavraia culicis* y los microsporidios esquistosómicos. *N. algerae* parasita principalmente las larvas y adultos de anofelinos, mientras que *V. culicis* es parásito de los culicinos. Estudios de laboratorio han mostrado que ambas especies se pueden producir en masa en larvas de lepidópteros y que las esporas resultantes mantienen su infectividad para los mosquitos. Ensayos sobre el terreno con *N. algerae* han demostrado que para lograr una reducción significativa de las poblaciones de vectores se necesitan índices de aplicación de esporas demasiado elevados para ser económicamente practicables. Además, *N. algerae* ha mostrado poca capacidad para reciclarse en tasas lo bastante elevadas para mantener la necesaria actividad antilarvaria en las generaciones siguientes. Sin embargo, otros estudios han mostrado que, aunque las tasas de mortalidad de larvas y adultos no sean elevadas, si los adultos

son infectados, disminuyen su fecundidad y su capacidad de transmitir el paludismo.

### 3.4.2 *Microsporidios dimórficos*

Los microsporidios dimórficos, los cuales, en lo que respecta a su presencia en vectores, sólo se han encontrado en mosquitos, tienen dos ciclos de desarrollo diferentes. En las hembras adultas, estos microsporidios forman esporas baciliformes que infectan los huevos. Todas las larvas machos que salen de huevos infectados presentan infecciones manifiestas y mueren. Durante la esporogonia en las larvas machos, se forman mediante un ciclo distinto de desarrollo esporas de tipo diferente a las producidas en las hembras; de ahí proviene el término microsporidios dimórficos. En las larvas hembras que salen de huevos infectados, la infección es benigna. Los microsporidios continúan su desarrollo hasta la fase adulta, cuando completan el ciclo invadiendo otro lote de huevos. A diferencia de los microsporidios monomórficos, las esporas de tipo dimórfico no se transmiten por vía oral y la infección parece mantenerse en las poblaciones de mosquitos por transmisión vertical. Aunque no se ha confirmado la existencia de ciclos transováricos en los microsporidios que atacan a los simúlidos, se piensa que la mayoría de estos organismos son de tipo dimórfico. La escasez de nuestros conocimientos nos impide apreciar sus posibilidades de aplicación.

## 3.5 Nematodos

Todos los nematodos cuyas posibilidades se están estudiando como agentes de lucha biológica contra mosquitos y simúlidos pertenecen a la familia de los mermítidos. Estos nematodos son parásitos obligados que deben pasar parte de su desarrollo en un huésped vivo. Probablemente son capaces de reciclarse mejor que la mayoría de los agentes patógenos descritos anteriormente. Actualmente se están estudiando y evaluando tres especies: *Romanomermis culicivorax*, *R. iyengari* y *Octomyomermis muspratti*.

De los nematodos mencionados, el más estudiado es *R. culicivorax*. Los adultos de esta especie ponen huevos en el lodo o en el detrito de los hábitats de mosquitos. Después de salir del huevo, los nematodos preparasíticos buscan e invaden larvas de mosquitos. Después de crecer dentro de la larva durante unos siete días, el nematodo sale y mata a la larva al atravesar la cutícula. Después de salir, el nematodo cae al fondo del hábitat, muda, se aparea y las hembras comienzan a poner huevos. En pequeños ensayos sobre el terreno se ha observado que *R. culicivorax* puede reducir las poblaciones de larvas en un 70-90%.

*R. culicivorax* parasita muy diversos tipos de mosquitos y puede sobrevivir en diferentes hábitats. Se han elaborado técnicas relativamente sencillas para producirlo en masa. Sin embargo, las pruebas sobre el terreno realizadas hasta ahora indican que, si bien las aplicaciones únicas de este nematodo pueden dar lugar a su reciclado, la eficacia a largo plazo contra los mosquitos es limitada y la proporción de éstos que continúa contrayendo la infección es generalmente inferior al 25-30%. Se necesitan nuevos ensayos, especialmente sobre la eficacia de aplicaciones repetidas de este agente a diversos hábitats.

*R. iyengari* es un nematodo muy similar a *R. culicivorax*. A diferencia de este último, al principio fue aislado en larvas recogidas en regiones tropicales, por lo que tal vez sea de mayor utilidad en el trópico. Se han elaborado recientemente técnicas *in vivo* para su producción en masa, pero aún no se han realizado ensayos sobre el terreno.

*O. muspratti* fue aislado inicialmente en mosquitos que criaban en agujeros de árboles. Tiene mayor tolerancia a la alcalinidad, la salinidad y los contaminantes que *R. culicivorax* y *R. iyengari* y se cree que puede ser muy útil para combatir a los mosquitos. Otra cualidad es su capacidad de invadir las formas larvianas tardías y desarrollarse en la fase adulta de éstas, lo que constituye un mecanismo natural para su propagación. Actualmente, el tema principal de investigación en esta especie es determinar las condiciones necesarias para obtener una eclosión sincrónica de los huevos.

### 3.6 Virus

La mayoría de los virus que atacan a los vectores pertenecen a los grupos bien conocidos de virus patógenos para los insectos, como los virus de la poliedrosis nuclear, los virus de la poliedrosis citoplasmática y los virus iridiscentes. En comparación con los insectos dañinos para la agricultura, en los cuales se han aislado más de 600 virus, son relativamente pocos los virus de insectos (sólo algunas docenas) aislados en vectores de enfermedades humanas. De éstos, los más prometedores son los virus de la poliedrosis nuclear. Estos virus atacan el epitelio del intestino medio de las larvas, causando una enfermedad aguda que provoca la muerte en unas 48 horas. Hasta ahora, sólo se los ha aislado en larvas de mosquitos. Se han encontrado virus de la poliedrosis citoplasmática en larvas de simúlidos y en mosquitos. En la mayoría de los casos, este tipo de virus, que también ataca el epitelio del intestino medio, produce una enfermedad crónica de la que con frecuencia se recuperan las larvas, por lo cual es de momento cuestionable su posible eficacia como agente antivectorial. Los virus iridiscentes también se han encontrado en mosquitos y larvas de simúlidos. Estos virus atacan una

amplia gama de tejidos, pero, aunque son muy letales para sus huéspedes, no son muy infecciosos.

Si bien la infectividad o virulencia insuficientes dificultan la utilización de los virus como agentes de lucha biológica, el obstáculo más grave es que, como son parásitos obligados muy específicos, no hay actualmente un método eficaz para su producción en masa.

### 3.7 Potencial de parasitoides, predadores y competidores

La asociación de los diversos parasitoides, predadores y competidores con diferentes grupos de vectores suele ser muy específica. Procede, pues, examinar el potencial de estos diversos agentes en relación con los diferentes grupos de vectores.

#### 3.7.1 Mosquitos

Para los mosquitos vectores de enfermedades, los peces son uno de los agentes naturales de regulación más importantes. Son muy eficaces y es relativamente barata su introducción en un biotopo. Se deben usar con este fin peces indígenas, introduciendo especies exóticas únicamente cuando se considere ecológicamente aceptable. Sin embargo, se pueden introducir en nuevas zonas peces anuales o estacionales como *Nothobranchius* spp., ya que no pueden infestar los sistemas de aguas permanentes y pueden resultar muy eficaces para eliminar la cría de mosquitos en aguas temporales. Los peces indígenas están mejor adaptados a las condiciones locales y son además fáciles y económicos de establecer, con ayuda de la comunidad, cerca de los criaderos de vectores. A veces los peces fitófagos se alimentan de larvas de mosquitos cuando son jóvenes y despejan la vegetación cuando son adultos, con lo cual facilitan que esas larvas sean atacadas por peces larvívoros y otros predadores. El empleo de peces puede resultar una medida sencilla y económica en un programa integrado de lucha.

Los criterios principales para la selección de los peces como agentes larvívoros son una marcada preferencia por las larvas de mosquitos en relación con otros posibles alimentos, pequeño tamaño cuando son adultos (menos de 6 cm de longitud) lo cual facilita la colonización y el acceso a aguas de poca profundidad, la maduración rápida y la fecundidad elevada, una gran tolerancia a la salinidad y a la contaminación y la inocuidad para la fauna que no es objeto de las medidas de lucha en el ecosistema acuático. *Oryzias latipes*, por ejemplo, presenta muchas de estas cualidades favorables y puede resistir muy diversas condiciones climáticas y ecológicas.

Las especies de peces más prometedoras pertenecen a géneros de la familia Cyprinodontidae: por ejemplo, *Aphanius*, *Valencia* (región

mediterránea y Asia occidental), *Aplocheilus*, *Oryzias* (Asia meridional), *Epiplatys*, *Aphyosemion*, *Roloffia* (Africa occidental), *Nothobranchius*, *Pachypanchax* (Africa oriental), *Rivulus*, *Fundulus*, *Cynolebias* y *Cyprinodon* (las Américas). Los peces vivíparos de las familias Poeciliidae y Goodeidae pueden utilizarse en las zonas donde estaban inicialmente distribuidos. Sin embargo, es necesario ser precavidos con *Gambusia affinis*, una de las especies de la familia Poeciliidae. *Gambusia* es perjudicial para las especies de peces indígenas, por lo que su introducción en nuevas zonas no debe intentarse sin hacer antes los estudios ecológicos pertinentes. En una reunión consultiva informal convocada por la OMS acerca de la utilización de peces para combatir a los mosquitos (Ginebra, 1981)<sup>1</sup>, los participantes confeccionaron una lista mundial de posibles o conocidos peces larvívoros.

El mosquito predador *Toxorhynchites* spp. merece especial mención. Los adultos de este grupo no pican, sino que se alimentan de néctar y polen, con lo cual ayudan a la polinización. La hembra pone los huevos en pequeños charcos, como los que se forman en agujeros de árboles, donde hay larvas de mosquitos. Las larvas de *Toxorhynchites* comen vorazmente las larvas de otros mosquitos. Hay aproximadamente 70 especies de este benéfico género de mosquitos, recogidas sobre todo en el Lejano Oriente. Algunas especies han resultado especialmente eficaces en islas pequeñas, donde el número de mosquitos estenógamos ha disminuido considerablemente tras una simple suelta inoculativa que ha llevado al establecimiento de *Toxorhynchites*.

Hay además diversos insectos acuáticos, como los Dytiscidae, Odonata y Notonectidae que han demostrado ser útiles predadores de las larvas de mosquitos.

No se conocen parasitoides eficaces de los mosquitos.

### 3.7.2 Simúlidos

No se conocen parasitoides de los simúlidos. Tienen, sin embargo, diversos predadores, pero existe poca información acerca de sus efectos sobre las larvas de simúlidos.

### 3.7.3 Moscas tsetse

No se sabe que las moscas adultas tengan enemigos naturales eficaces. En cambio, se ha registrado gran número de parasitoides que atacan a las pupas. Entre ellos figuran los Mutillidae (tres especies) y los

---

<sup>1</sup>Documento inédito WHO/VBC/82.838; TDR/BCV/ICMC/81.3.

Bombyliidae (*Exhyalanthrax* spp.), cuya utilidad se está estudiando como agentes de lucha biológica.

#### 3.7.4 *Triatómidos*

Varios enemigos naturales atacan a estos vectores en todas las fases de su desarrollo. Los adultos son atacados por arañas, hormigas y reducidos predadores. Merecen especial mención los parásitos de huevos. *Telenomus fariai* está presente en toda la región neotropical. *Gyron triatoma* ataca los huevos de *Triatoma rubrofasciata* en Asia, pero varían sus efectos sobre la población de estos triatómidos. Para una reducción persistente de los triatómidos, el parásito ha de tener más de un huésped. Sirva de ejemplo *Telenomus costalimai*, que ataca también los huevos de pentastómidos y lepidópteros. Son necesarios nuevos estudios para identificar otras especies prometedoras.

#### 3.7.5 *Flebótomos*

Los insectos adultos son voladores activos y sus fases inmaduras transcurren en diversos hábitats, de ordinario difíciles de localizar. Esto explica probablemente la escasez de datos sobre parasitoides, predadores y competidores de los flebótomos.

#### 3.7.6 *Moluscos*

Los huéspedes intermediarios de los moluscos tienen numerosos enemigos naturales, que comprenden sciomyzidae predadores o parasitoides, ciertos trematodos parásitos, varios moluscos competidores o predadores y peces malacófagos o fitófagos.

Las especies de moluscos *Thiara granifera* y *Marisa cornuarietis* son probablemente los agentes biológicos más prometedores contra las especies de moluscos portadoras de esquistosomas. Ambas han suprimido poblaciones de moluscos huéspedes intermediarios en el Caribe y, más recientemente, en la República Unida de Tanzania. Además, se conoce la existencia de varias otras especies de moluscos competidoras en diversas partes del mundo, como por ejemplo, *Helisoma duryi*, *Melanopsis* spp. y *Potamopyrgus jenkinsi*. Conviene evaluar la eficacia de estos moluscos competidores en condiciones que sean representativas; sin embargo, es preciso comprobar que no tienen efectos adversos graves sobre el medio ambiente.

Algunas especies de peces pueden ser útiles para combatir a los moluscos, sean directamente malacófagos (v.g., *Astronotus* sp.) o fitófagos (v.g., *Ctenopharyngodon idella*); estas últimas reducen la población de moluscos alimentándose de la vegetación acuática.

### 3.8 Consideraciones acerca de la relación entre costo y eficacia

#### 3.8.1 Consideración general

La relación entre el costo y los beneficios de un programa de lucha contra las enfermedades se suele considerar muy difícil de cuantificar. Es más practicable determinar la relación entre el costo y la eficacia, ya que ambos términos de la relación se pueden expresar numéricamente a condición de que se hayan fijado objetivos bien definidos.

#### 3.8.2 Estimación de los costos

Los costos de las operaciones de lucha biológica se pueden dividir en tres componentes: costos de producción, de distribución y de evaluación. Estos componentes varían mucho según las zonas, de manera que las estimaciones de la relación entre costo y eficacia no se pueden extrapolar de una región a otra. En consecuencia, es necesario estudiar cada situación en sí misma.

*Costos de producción:* Estos varían según el agente o agentes biológicos de que se trate y pueden depender del clima. En los climas menos cálidos puede ser necesario el cultivo intenso de los agentes al principio de la estación de transmisión, mientras que en las regiones tropicales basta a menudo la recolección y transferencia desde los hábitats naturales. En ciertos casos, una vez introducidos los agentes biológicos, se mantiene su densidad mediante reciclado, con la consiguiente reducción o eliminación de los costos de producción.

*Costos de distribución:* Estos dependen también en gran medida de la capacidad de los agentes introducidos para mantener una densidad suficiente. Muchos agentes tienden a distribuirse en el medio ambiente por mecanismos naturales.

*Costos de evaluación:* La evaluación es una función primordial en el empleo de agentes biológicos y no debe limitarse por razones de economía. Cuanto más detallada sea la evaluación tanto más eficaz puede ser la utilización del agente regulador gracias a los datos obtenidos y al reajuste de las operaciones de lucha.

#### 3.8.3 Estimación de la eficacia

Puede plantear grandes dificultades el intento de medir la eficacia de un agente en función del objetivo final. Como en general se utilizan los agentes biológicos en combinación con otros métodos de lucha contra las enfermedades (en particular, quimioterapia, quimioprofilaxis e insecticidas químicos), puede ser difícil cuantificar en términos epidemiológicos el efecto específico del agente. Resulta algo más fácil la medición de la eficacia cuando ésta se circunscribe a la meta intermedia (la especie vectora).

Antes de emprender los programas de lucha o paralelamente a un programa ya existente, se debe procurar organizar el empleo del agente biológico de manera que surta el máximo efecto en las condiciones locales y luego determinar el efecto real obtenido sobre la especie vectora y, en lo posible, el efecto sobre la transmisión de la enfermedad. Entonces se podrán establecer comparaciones con otros métodos de lucha.

#### **4. FACTORES COMUNES EN LA LUCHA BIOLÓGICA CONTRA PLAGAS AGRÍCOLAS Y VECTORES DE ENFERMEDADES**

Se han alcanzado éxitos considerables en la lucha biológica contra las plagas agrícolas. Es necesario reducir las poblaciones de estas plagas hasta un punto que esté por debajo del umbral de importancia económica. Entre los agentes figuran numerosos predadores entomófagos y parasitoides, varios nematodos, *Bacillus popilliae*, *Bacillus thuringiensis* (tres variedades), tres baculovirus registrados (y aproximadamente otros diez prometedores), tres hongos registrados (y varios otros prometedores) y un microsporidio registrado. Además, han dado apreciables resultados medidas para fomentar ciertos pájaros y evitar el daño a complejos de fauna benéfica. Se ha logrado introducir algunos agentes en zonas vírgenes, mientras que otros, después de su producción comercial, han sido propagados masivamente en hábitats existentes.

Actualmente, unas pocas especies de agentes patógenos son operacionales u ofrecen buenas perspectivas contra plagas agrícolas y al mismo tiempo contra vectores de enfermedades. Sin embargo, en todos los casos se trata de variedades o cepas diferentes y se emplean preparaciones de características distintas. Por lo tanto, no se conocen agentes comunes, si bien esto no excluye la posibilidad de que se encuentren algunos en el futuro. Tal vez se puedan producir por manipulación genética algunas variedades utilizables simultáneamente contra plagas agrícolas y vectores de enfermedades.

Es, sin embargo, importante señalar que para producir las diferentes especies y variedades de bacterias se pueden aprovechar las mismas instalaciones industriales. La tecnología y las instalaciones utilizadas para la producción de cepas agrícolas de *B. thuringiensis* permitieron el empleo operativo del serotipo H-14 sólo cinco años después de su descubrimiento. El aprovechamiento común de instalaciones y conocimientos técnicos podría también ser oportuno en el caso de diversos hongos patógenos.

Las campañas para combatir las plagas agrícolas y los vectores de enfermedades pueden beneficiarse mutuamente de los esfuerzos por

preservar la fauna enemiga de ambos tipos de organismos. Así, predadores terrestres consumen a veces insectos perjudiciales para la agricultura y también algunos vectores terrestres de enfermedades. Asimismo, hay predadores acuáticos que pueden capturar algunas especies de esos insectos cuando caen al agua. Sin embargo, en ninguna de ambas categorías hay por ahora predadores susceptibles de manipulación con doble propósito, excepto en el caso de ciertos peces, que son además una fuente de proteínas. No obstante, es importante coordinar lo más posible las operaciones de lucha contra plagas agrícolas y vectores de enfermedades con el fin de preservar la fauna que sea beneficiosa para ambos tipos de actividades.

## 5. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

### 5.1 Revisión del plan de evaluación

En el curso del último decenio se han intensificado en todo el mundo las investigaciones sobre obtención de agentes biológicos de lucha antivectorial. El auge de estas actividades, que ha producido progresos considerables, se debe en gran parte al aumento de los fondos facilitados por conducto del mencionado Programa Especial de Investigaciones y Enseñanzas sobre Enfermedades Tropicales.

Es necesario proseguir y facilitar la búsqueda de nuevos agentes biológicos y evaluarlos detenidamente. Se han elaborado planes para la evaluación en laboratorio y sobre el terreno de agentes biológicos prometedores, pero hasta ahora una gran proporción del trabajo se ha llevado a cabo en los países desarrollados, a pesar de los notables esfuerzos desplegados para transferir los conocimientos técnicos necesarios a países en desarrollo. La selección y evaluación, sobre todo en operaciones sobre el terreno, se deben realizar en zonas donde haya enfermedades transmitidas por vectores. Es urgente la evaluación en gran escala de los agentes que ofrezcan las máximas posibilidades para combatir especies vectoras importantes. *Bacillus thuringiensis* H-14 es el agente biológico más prometedor obtenido hasta la fecha. Es éste un ejemplo de agente cuya evaluación en gran escala contra mosquitos y simúlidos es necesaria en zonas endémicas; el Comité tomó nota y expresó su vigoroso apoyo de las medidas adoptadas por la OMS a este respecto.

Desde principios de siglo se vienen utilizando peces larvívoros para combatir a los mosquitos. Sin embargo, se ha utilizado sobre todo *Gambusia* y, en menor medida, *Poecilia* y *Tilapia*, sin que haya habido

siempre una evaluación adecuada de su impacto epidemiológico o ecológico. Se ha prestado insuficiente atención al estudio y utilización de especies indígenas de peces larvivoros, de preferencia a las especies exóticas, y a la evaluación apropiada en zonas endémicas. En muchos casos, la producción masiva en criaderos de peces es relativamente sencilla una vez adoptados métodos idóneos de piscicultura. Es posible que la comunidad local se interese por la producción de peces como fuente de alimento y participe en su distribución y en limpiar el agua de algas y maleza acuática para facilitar la acción predatora.

Como parte del plan de evaluación, se debe elegir toda una serie de especies vectoras con las que probar la eficacia del agente biológico con el fin de asegurar que el estudio de éste cubre un espectro suficiente de huéspedes.

Es indispensable evaluar la compatibilidad de los nuevos agentes biológicos con otras medidas de lucha que se estén aplicando en el mismo hábitat. Es necesaria una mayor coordinación entre las actividades contra especies vectoras y las emprendidas contra plagas agrícolas. Tal coordinación no sólo permitirá una utilización más eficaz de los agentes biológicos, sino que también será importante para reducir el potencial de resistencia a los insecticidas y el efecto perjudicial sobre los enemigos naturales. En algunos casos en que es esencial aplicar productos químicos para combatir las plagas agrícolas tal vez se pueda obtener variedades resistentes de agentes biológicos, por ejemplo, peces. Esta orientación se está aplicando en la agricultura.

Es fundamental examinar los efectos combinados de diversos agentes biológicos en la reducción de las poblaciones vectoras. Cabe emplear al principio agentes de efectos muy temporales con el fin de ganar tiempo para que otros agentes, relativamente ineficaces cuando son poco numerosos, alcancen una densidad suficiente para que puedan participar en la regulación natural de las poblaciones de vectores. Por ejemplo, *B. thuringiensis* H-14 es eficaz contra las larvas de mosquitos, pero no se recicla y su acción residual es de corta duración; en cambio, este agente es inocuo para los diversos elementos del complejo de predadores. La aplicación de *B. thuringiensis* H-14 al comienzo de la estación puede servir para reducir la cría de mosquitos sin obstaculizar el aumento de las poblaciones de peces y artrópodos larvivoros. Así, el número de estos predadores puede seguir creciendo hasta alcanzar densidades eficaces para combatir a los vectores durante periodos prolongados. A la inversa, la aplicación de plaguicidas no selectivos al comienzo de la estación puede tener una eficacia temporal contra los mosquitos, pero también obstaculizará necesariamente el desarrollo del complejo de predadores, lo que obligará a nuevas aplicaciones de productos químicos. Las estrategias que limiten el empleo de nuevos agentes prometedores a una

sola o unas pocas aplicaciones cada estación retrasarán también la aparición de resistencia a estos agentes, ya que disminuirá la presión general de la selección.

## **5.2 Problemas de especificación, normalización e inspección de la calidad**

Para facilitar la inspección de la calidad, es importante elaborar especificaciones adecuadas para los productos comerciales que contengan agentes biológicos activos. Para medir la actividad insecticida, se deben aplicar procedimientos de valoración biológica. Es necesario mejorar y normalizar estos procedimientos, así como establecer métodos detallados que permitan la comparación de resultados, especialmente entre laboratorios diferentes. En el caso de *B. thuringiensis* H-14, no es de esperar una buena correlación entre los resultados de valoraciones biológicas normalizadas y los datos de rendimiento sobre el terreno a causa de las diferencias de formulación.

En algunos casos en que se puede producir un determinado agente por procedimientos relativamente sencillos, como la fermentación de *B. thuringiensis* H-14, es posible que sea rentable la producción nacional. Por ejemplo, hay en China materia prima para la fermentación de *B. thuringiensis* H-14 que es relativamente barata. La importación de insecticidas bacterianos causaría grandes gastos en adquisición y transporte. *B. thuringiensis* H-14 producido localmente ha demostrado ser eficaz en las operaciones de lucha, lo que indica la viabilidad de la producción local.

Es indispensable aplicar un programa eficaz de inspección de la calidad a cada lote de producción que se vaya a utilizar en la preparación de cualquier bacteria u hongo como agente antivectorial. Esto garantizará la eficacia e inocuidad del producto final.

## **5.3 Necesidades en materia de investigación y formación de personal**

### **5.3.1 Necesidades en materia de investigación**

En la obtención de nuevos agentes biológicos se deben examinar estrategias idóneas para evitar el importante problema de la resistencia a los insecticidas. En el 5º informe del Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial (2) se enumeran cinco métodos importantes para combatir la resistencia: empleo de otros agentes químicos; manejo de las dosis y control de los genes dominantes; aplicación de los agentes químicos "en mosaico"; uso de insecticidas en mezclas, en rotación y en sucesiones óptimas; y adopción

de la lucha antivectorial integrada. En dos de estos métodos, los agentes biológicos podrían desempeñar un papel importante: 1) como sustitutos de los productos químicos y 2) en estrategias de lucha integrada. Es indispensable investigar esta cuestión, ya que diversas especies de vectores presentan ya resistencia múltiple a los insecticidas.

Es necesario perfeccionar las preparaciones de *B. thuringiensis* H-14 para combatir diferentes especies de vectores en condiciones ecológicas distintas. Se necesitan preparaciones con contenidos diferentes de ingredientes activos para operaciones con fines diferentes. Es preciso investigar la producción de preparaciones en la zona de operaciones. Por ejemplo, a veces se necesitan preparaciones granulares que penetren a través de la bóveda arbórea, pero de ordinario el contenido de los gránulos en ingrediente activo es bajo (5% o menos) con el fin de aplicar cantidades suficientes para obtener una cobertura adecuada de la zona que se desea tratar. El excipiente en las preparaciones granulares, como arena, barro o subproductos agrícolas, se suele poder hallar localmente, lo cual reduce los costos de transporte.

Otro problema en la preparación de nuevos agentes es definir las condiciones óptimas de almacenamiento con el fin de maximizar la eficacia. Por ejemplo, se sabe que *B. thuringiensis* H-14 comienza a descomponerse mucho más fácilmente cuando las preparaciones en polvo contienen más del 5% de humedad.

Son necesarias nuevas investigaciones sobre agentes prometedores. Aún no se ha determinado la capacidad de reciclarse de la cepa 1593 de *B. sphaericus* en diversos hábitats y es preciso evaluar la viabilidad de producir *Romanomermis culicivorax* en centros periféricos.

Por último, para facilitar la lucha antivectorial integrada, se deben elaborar métodos que permitan al personal operativo vigilar las densidades de población tanto de los organismos nocivos como de los benéficos.

### 5.3.2 Necesidades en materia de formación de personal

Uno de los factores principales que limitan el aislamiento, identificación, desarrollo y utilización de agentes biológicos para combatir las especies vectoras es la falta de personal capacitado en las zonas endémicas. Es necesario establecer protocolos para determinar el potencial de los diversos agentes patógenos; se deben designar centros colaboradores en las zonas endémicas en los que científicos visitantes puedan ayudar a aplicar los procedimientos especificados y a capacitar biólogos locales. Conocer a fondo la ecología de las especies vectoras es aún más importante para las estrategias de lucha biológica que para las técnicas relativamente más sencillas de lucha química. Por consiguiente, los

entomólogos locales necesitan capacitarse más en todos los aspectos de la biología acuática y la ecología de los vectores más comunes.

El personal de operaciones debe comprender cómo actúa un agente de lucha biológica. Por ejemplo, *B. thuringiensis* H-14 no afecta a los mosquitos en las fases inmaduras en que éstos no se alimentan, por lo que es fundamental para combatirlos el momento en que se realizan las operaciones de lucha.

#### **5.4 Difusión de la información y coordinación de las investigaciones**

##### *5.4.1 Difusión de la información*

El Comité tomó nota de los considerables esfuerzos desplegados por la OMS para difundir la información relativa a la promoción de agentes de lucha biológica, en especial a científicos e instituciones de países en desarrollo cuyo acceso a las publicaciones pertinentes no siempre es fácil.

##### *5.4.2 Coordinación de las investigaciones*

La OMS está desempeñando una función activa y fructífera en el fomento y coordinación de las investigaciones en todo el mundo sobre agentes biológicos y su aplicación a la lucha antivectorial. No obstante, las instituciones de numerosos países en desarrollo carecen del personal técnico e instalaciones necesarios para participar eficazmente en esos trabajos. Es urgente enderezar la situación mediante el establecimiento de centros colaboradores en los países en desarrollo, algunos de los cuales puedan acabar convirtiéndose en centros regionales para el desarrollo, ensayo y utilización sobre el terreno de agentes de lucha biológica. Conviene intensificar los esfuerzos por recabar la participación de científicos de esos países suscitando el interés por esta cuestión y mejorando la capacitación al respecto. Mientras tanto, cabría aminorar las demoras y obstáculos con que tropiece ese personal estableciendo un procedimiento para el suministro del material pertinente desde los centros de referencia existentes en los países desarrollados.

### **6. DIRECTRICES PARA ACTIVIDADES FUTURAS**

Después de examinar las directrices anteriores (4, 6-9) a la luz de la información más copiosa disponible actualmente, el Comité recomendó la siguiente línea de acción con el fin de aprovechar con la mayor prontitud posible los agentes biológicos en la lucha contra las enfermedades transmitidas por vectores. De ordinario contribuirá a la

lucha integrada contra los vectores, la cual puede incluir, si es necesario, el empleo de productos químicos.

Las actividades de investigación y desarrollo deben ser estimuladas y apoyadas en los países donde son endémicas las enfermedades transmitidas por vectores. Cuando no se cuenta con personal e instalaciones locales idóneos es menester crearlos y apoyarlos. Esto sería lo mejor para superar obstáculos graves como, en algunos casos, el titubeo de los gobiernos en permitir la importación de organismos como bacterias y hongos.

Se debe reconocer claramente que algunos vectores, o combinaciones de vector y hábitat, no se pueden combatir por medios biológicos y que, en lo que respecta a eficiencia y relación costo-eficacia, algunos agentes ofrecen posibilidades limitadas o nulas. Es precioso examinar los conocimientos existentes acerca de la lucha contra las especies vectoras para determinar qué vectores se pueden combatir mejor con agentes biológicos. Entre las especies vectoras seleccionadas, se debe dar prioridad a las que presenten mayor urgencia por razón de las enfermedades humanas que provocan y de factores como la resistencia a los insecticidas. A continuación, se deben seleccionar los agentes biológicos más prometedores y ensayarlos progresivamente en lugares idóneos.

Los agentes biológicos pertenecen a dos vastas categorías:

- 1) Los que, como *B. thuringiensis* H-14, atacan una amplia gama de especies vectoras.
- 2) Los que tienen especial interés local, como diversos peces indígenas y moluscos competidores o estén circunscritos a hábitats específicos, como algunos hongos.

Conviene consagrar una gran proporción de las instalaciones existentes al perfeccionamiento y preparación de los mejores agentes de estas dos categorías. Simultáneamente, conviene trabajar en algunos agentes que ocupen un lugar más bajo en el orden de prioridad y dedicar cierta atención a proyectos encaminados a descubrir y preparar agentes que ofrezcan posibilidades de desarrollo para el futuro. Se deben buscar intensamente nuevos agentes y nuevos aislamientos de los agentes prometedores existentes. Se necesita un buen sistema de selección para determinar cuáles son los mejores para formar una segunda generación de agentes más eficaces.

Durante la preparación de los agentes biológicos, se debe transmitir información a instituciones de las zonas endémicas para asegurar la pronta utilización de los adelantos conseguidos.

En momentos oportunos del proceso de preparación de un agente, se debe determinar su inocuidad para el hombre y los organismos no

perjudiciales, así como otros aspectos de su repercusión sobre el medio ambiente. En el Anexo 1 figura un plan para determinar y evaluar la eficacia, inocuidad y repercusión ambiental de los agentes biológicos en la lucha contra los vectores de enfermedades.

La secuencia lógica y el cronograma de operaciones se pueden ilustrar exponiendo a título de ejemplo la aplicación de *B. thuringiensis* H-14 a la lucha antivectorial.

- 1976: Descubrimiento; evaluación en laboratorio muy alentadora y pruebas iniciales de inocuidad.
- 1977: Ensayos prácticos en pequeña escala contra mosquitos y simúlidos confirman el potencial en zonas endémicas.
- 1979—80: Terminación de las pruebas de inocuidad. Comienzo de la producción comercial piloto. Estudio de los procedimientos de normalización y valoración biológica. Ejecución de pruebas prácticas más amplias. Intensificación de estudios para la preparación del producto. Medidas para crear centros colaboradores en países en desarrollo.
- 1981—82: Ensayos en gran escala en zonas endémicas. Primeros esfuerzos para lograr la producción local en zonas endémicas. Intensificación y racionalización de la búsqueda y selección de nuevos aislamientos.
- 1983—85: La práctica de ensayos en gran escala se traspasa en grado creciente a países en desarrollo, dando especial importancia a los productos locales. Concentración de las investigaciones en situaciones problemáticas y en la obtención de nuevas variedades y especies. Las nuevas variedades de calidad superior se ponen a disposición de todos los fabricantes.
- 1980—85: Se intensifica progresivamente la distribución de información y el adiestramiento de personal en zonas endémicas.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Después de observar la aparición de resistencia a los insecticidas, el comportamiento refractario de los vectores y otras limitaciones al uso exclusivo de productos químicos para combatir los vectores de enfermedades y de examinar los diversos esfuerzos que se están desplegando para superar esos problemas buscando métodos de sustitución, el Comité convino en que los agentes biológicos son útiles para la regulación natural de las poblaciones de vectores y pueden ser elementos eficaces en los programas integrados de lucha antivectorial.

El Comité aprobó la labor que se está llevando a cabo en este sector y reconoció los progresos relativamente rápidos alcanzados por la Organización Mundial de la Salud y la comunidad científica en la preparación de agentes de lucha biológica. El Comité recomendó que se amplíe la búsqueda y evaluación de organismos con potencial antivectorial, especialmente en las regiones endémicas tropicales de Africa, América del Sur y Asia. Estas regiones, que prácticamente siguen

inexploradas en cuanto a la existencia en ellas de agentes biológicos (exceptuados los peces), son precisamente las zonas que más los necesitan, debido a la gran incidencia de enfermedades transmitidas por vectores.

2. Reconociendo que los enemigos naturales contienen la proliferación de los vectores, el Comité destacó la importancia de evitar su destrucción y la necesidad de investigaciones encaminadas a idear medios sencillos y económicos de acrecentar sus efectos sobre las poblaciones de vectores hasta un punto en que se reduzca o elimine la transmisión de la enfermedad. Para ello sería necesario estudiar detalladamente la ecología y biología del vector y de sus enemigos naturales con el fin de determinar los factores que rigen el equilibrio natural alcanzado y modificarlos a favor de los enemigos naturales.

El Comité reconoció que el uso eficaz de agentes biológicos en programas de lucha antivectorial integrada sería comparativamente más difícil que el empleo de insecticidas químicos y recomendó que se estudiaran más detenidamente los puntos siguientes:

- a) comportamiento y bionomía del vector y de sus enemigos naturales;
- b) capacidad de reciclarse determinados parásitos y organismos patógenos, procurando especialmente determinar los hábitats favorables a su reciclado, lo cual facilitaría la reducción prolongada de las poblaciones de vectores; y
- c) establecimiento de una estrategia eficaz para integrar la utilización de agentes biológicos, sea sucesivamente o en combinación con otras medidas de lucha antivectorial.

3. Reconociendo las posibilidades que ofrecen los predadores, especialmente peces, para combatir de forma sencilla y económica a los mosquitos y otros vectores, como a los moluscos, la posibilidad de emplearlos a nivel periférico con la participación de miembros de la comunidad con un mínimo de formación especializada y la ventaja accesoria de disponer de pescado como alimento, el Comité recomendó que se intensifiquen los esfuerzos por evaluar y emplear peces larvívoros indígenas en la lucha antivectorial. Advirtiendo los progresos realizados recientemente en la lucha biológica contra los moluscos huéspedes intermediarios de la esquistosomiasis y el hecho de que los moluscos viven exclusivamente en hábitats de agua dulce, el Comité abogó por que se fomenten las investigaciones aplicadas sobre moluscos competidores y peces fitófagos o malacófagos en países tropicales para su utilización ulterior en la lucha biológica contra los moluscos. Señalando la necesidad de más información sobre agentes de lucha biológica contra moscas tsetsé, triátomos, flebótomos y simúlidos, el Comité propuso que

se intensifiquen los esfuerzos para fomentar las investigaciones en este sector.

4. El Comité consideró favorablemente las grandes posibilidades de la producción masiva de agentes biológicos adecuados y su introducción en los criaderos de vectores. Aprobó los estudios enderezados a la utilización de una combinación de agentes juntamente con otros métodos en programas integrados de lucha antivectorial. Después de examinar la fase en que están actualmente la preparación y utilización de esos agentes biológicos y de identificar los más prometedores entre ellos, el Comité consideró alentadores los resultados obtenidos con *B. thuringiensis* H-14 para resolver el problema de la resistencia a los insecticidas entre los simúlidos vectores de la oncocercosis, así como sus posibilidades de aplicación contra algunos mosquitos vectores. Advirtiendo que fabricantes de países en desarrollo podrían aplicar las técnicas de producción en masa de este agente a bajo costo utilizando materiales locales y prestando la debida atención a la inspección de la calidad de cada lote producido en interés de la inocuidad y eficacia, el Comité recomendó lo siguiente:

- a) facilitar las actividades ya emprendidas para observar en ensayos en gran escala los efectos del agente sobre las enfermedades transmitidas por mosquitos;
- b) continuar los trabajos para obtener mejores preparaciones del agente;
- c) seleccionar, preparar y evaluar nuevas variedades sobre el terreno;
- d) estimular la producción del agente en países en desarrollo;
- e) explorar la posibilidad de mejorar la idoneidad del agente para la lucha antivectorial mediante la tecnología genética;
- f) continuar estudiando la química de la toxina cristalizada;
- g) investigar el potencial de *B. thuringiensis* H-14 para prevenir o retrasar sobre el terreno la aparición de resistencia a los insecticidas químicos;
- h) intensificar los estudios sobre *B. sphaericus*; y
- i) aislar y evaluar otras especies y cepas más eficaces de bacterias.

5. Para lograr una evaluación crítica y exacta de los agentes biológicos existentes o descubiertos recientemente, el Comité recomendó el establecimiento de procedimientos normalizados para valoraciones biológicas en el laboratorio<sup>1</sup> y de normas para evaluación sobre el

---

<sup>1</sup>Véase, por ejemplo: "Bioassay protocol for *Bacillus thuringiensis* H-14 preparations" (10, Anexo 4).

terreno. Al evaluar la eficacia, se debe considerar el costo y facilidad de la producción masiva en relación con el método probable de aplicación. Por ejemplo, en el caso de los agentes que tienen poca o ninguna capacidad de reciclarse y de mantener una reducción significativa y prolongada de la población de vectores, como *B. thuringiensis* y algunos hongos imperfectos, se debe determinar la relación entre el costo y la eficacia teniendo en cuenta la necesidad de repetidas aplicaciones.

6. El Comité subrayó que la preparación y empleo de agentes biológicos requerirá conocimientos especializados y por ende la capacitación ulterior de investigadores, personal de lucha antivectorial e incluso miembros de la comunidad. Para facilitar este adiestramiento, el Comité recomendó:

- a) establecimiento de centros regionales para la formación de personal e investigación y utilización de agentes biológicos. Estos centros pueden también servir como depósitos de esos agentes con vistas a su intercambio entre los países interesados;
- b) organización periódica de talleres regionales y locales para enseñar el empleo de los agentes biológicos;
- c) preparación de manuales ilustrados para la producción en masa y el empleo de agentes biológicos;
- d) aplicación del principio de la cooperación técnica entre países en desarrollo y de la transferencia de tecnología desde los países desarrollados;
- e) organización, si procede, de programas en los que participe la comunidad para iniciar o intensificar el empleo de agentes biológicos; y
- f) continuación de los esfuerzos por difundir al máximo la información pertinente a centros colaboradores y científicos de los países en desarrollo.

7. Advirtiendo que la resistencia de los vectores en algunos ecosistemas agrícolas, como en las zonas arroceras y algodonerías, se debe en gran parte al uso de insecticidas para combatir las plagas agrícolas, el Comité recomendó una colaboración más estrecha entre las organizaciones del sistema de las Naciones Unidas y otros organismos en la formulación de programas para preservar los enemigos naturales de los vectores y aminorar los problemas que presenta la lucha contra éstos. Para hacer economías se debe, en lo posible, producir diferentes agentes de la misma especie, u organismos similares, en las instalaciones industriales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. *Actas Oficiales de la Organización Mundial de la Salud*, Nº 184, Anexo 9 (1970).
2. OMS, Serie de Informes Técnicos, Nº 655, 1980 (*Resistencia de los vectores de enfermedades a los plaguicidas*: Quinto informe del Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial).
3. WRIGHT, J. W. The WHO programme for the evaluation and testing of new insecticides. (Bulletin of the World Health Organization, **44**: 11-22 (1971).
4. OMS, Serie de Informes Técnicos Nº 561, 1975 (*Ecología de los vectores y lucha antivectorial*: 21º informe del Comité de Expertos de la OMS en Insecticidas).
5. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Mammalian safety of microbial control agents for vector control. Report of an informal consultation, Geneva, 10-13 November 1980* (documento inédito WHO/VBC/81.820).\*
6. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD *First Scientific Working Group on Biological Control of Insect Vectors of Disease, Geneva, 5-9 September 1977* (documento inédito TDR/BCV-SWG (1)/77.3).\*
7. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Second Meeting of the Scientific Working Group on Biological Control of Insect Vectors of Disease, Prague, 4-8 September 1978* (documento inédito TDR/BCV-SWG(2)/78.3).\*
8. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Third Meeting of the Scientific Working Group on Biological Control of Insect Vectors of Disease, Geneva, 19-22 November 1979* (documento inédito TDR/BCV-SWG(3)/79.3).\*
9. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Fourth Meeting of the Scientific Working Group on Biological Control of Insect Vectors of Disease, Geneva, 6-10 October 1980* (documento inédito TDR/BCV-SWG(4)/80.3).\*
10. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Informal consultation on standardization of Bacillus thuringiensis H-14* (documento inédito TDR/BCV/BTH-14/81.1; WHO/VBC/81.828).\*

\* Existe un número limitado de ejemplares disponibles a solicitud de las personas interesadas, en la División de Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial, Organización Mundial de la Salud, 1211 Ginebra 27, Suiza.

## NOTA DE AGRADECIMIENTO

El Comité de Expertos agradece la valiosa contribución a este trabajo hecha por los siguientes miembros del personal de la OMS y otras personas: Dr. Y. H. Bang, Servicio de Investigaciones de la OMS sobre Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial, Jakarta, Indonesia; Dr. J. Copplestone, Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas; Dr. A. Dubitskij, Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas; Dr. R. Le Berre, Ecología y Lucha Antivectorial; Dr. F. S. McCullough, Ecología y Lucha Antivectorial; Srta. C. Moreau, Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas; Dr. D. A. Muir, Programa de Acción Antipalúdica; Dr. R. Pal, Versoix, Suiza; Dr. G. Quélenec, Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas; Sr. H. A. Rafatjah, Equipo, Planificación y Operaciones; y Dr. M. Vandekar, Preparación y Uso Inocuo de Plaguicidas.

**ANEXO 1**

**PLAN DE LA OMS PARA DETERMINAR Y EVALUAR LA EFICACIA, LA INOCUIDAD Y LA REPERCUSION  
AMBIENTAL DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS EN LA LUCHA CONTRA VECTORES DE ENFERMEDADES**

Etapa I Operaciones de Indagación y laboratorio	Etapa II Operaciones en laboratorio experimental	Etapa III Ensayos prácticos preliminares	Etapa IV Producción piloto	Etapa V Ensayos prácticos en gran escala
<b>AGENTES PATOGENOS<sup>a</sup></b>				
A. Identificación y caracterización.	A. Pruebas de infectividad en mamíferos para determinar la inocuidad para el personal de laboratorio y para el personal de las campañas	A. Pruebas estrictamente reguladas bajo la supervisión de la OMS para determinar la eficacia contra los vectores de enfermedades en condiciones naturales.	A. Producción piloto y pruebas más detalladas de infectividad e inocuidad en mamíferos.	A. Producción para ensayos en gran escala con inspección de la calidad y normalización preliminar de los productos.
B. Evaluación con vectores determinados.	B. Evaluación preliminar en laboratorio con especies no vectoras.		B. Estudios detallados prácticos y de laboratorio sobre especies no vectoras, especialmente en hábitats donde puedan efectuarse los ensayos de la Etapa V.	B. Ensayos en gran escala y evaluación entomológica.
C. Evaluación preliminar de las posibilidades de cría en gran escala.			C. Estudios sobre la estabilidad de preparaciones adecuadas y sobre el sistema de aplicación.	

**PARASITOIDES, PREDADORES Y COMPETIDORES<sup>b</sup>**

- |  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
| <p>A. Observación de la presencia de estos agentes sobre el terreno. Identificación preliminar y envío a un centro de referencia o identificación.</p> | <p>A. Registro de los efectos biológicos y ambientales en criaderos de vectores.</p>  | <p>A. Ensayos en hábitats naturales reducidos de vectores importantes.</p>         | <p>A. Producción piloto mediante cultivo o por recolección sobre el terreno.</p> | <p>A. Producción para ensayos en gran escala con inspección de la calidad y normalización preliminar del producto.</p> |
| <p>B. Observaciones sobre la eficacia biológica y los efectos ambientales.</p>   | <p>B. Preparación de una exposición clara de las características deseables y limitaciones como guía para ensayos prácticos.</p> | <p>B. Ensayos en escala intermedia y repercusión sobre organismos no vectores.</p> | <p>B. Ensayos en gran escala y evaluación entomológica.</p>                      |  |
| <p>C. Producción de cantidades experimentales en el laboratorio o por recolección sobre el terreno.</p>  | <p>C. Observaciones sobre organismos no vectores.</p>   | <p>C. Evaluación cuantitativa de la eficacia biológica.</p>                        |  |  |

<sup>a</sup> Las pruebas de inocuidad habrán de satisfacer los requisitos establecidos por los países que participen en las actividades de investigación y desarrollo.  
<sup>b</sup> El agente puede aplicarse en cualquier momento a partir de la etapa II B según sus posibilidades y los hábitats en que va a ser liberado, dando especial importancia a la repercusión ambiental si la especie es exótica. La mayoría de los países tienen reglamentos, que se deben respetar, sobre la introducción y cuarentena de organismos beneficiosos exóticos.

