



Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre

Richard M. Jakob-Hoff
Stuart C. MacDiarmid
Caroline Lees
Philip S. Miller
Dominic Travis
Richard Kock



ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL
Proteger a los animales, preservar nuestro futuro



En este documento, la designación de entidades geográficas y la presentación del material no suponen la expresión de ninguna opinión en absoluto, ni de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), ni de la Unión Internacional para conservación de la Naturaleza (UICN), ni de las organizaciones a las que pertenecen los autores y editores del documento respecto a la situación jurídica de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, ni respecto a la delimitación de sus fronteras y límites.

Las opiniones que se expresan en esta publicación no necesariamente reflejan las de la UICN ni de la OIE.

Se autoriza la reproducción de esta publicación para fines educativos o no comerciales sin necesidad de permiso escrito del titular del copyright siempre que se especifique claramente la fuente. Queda prohibida la reproducción de esta publicación con fines divulgativos u otros fines comerciales sin el permiso escrito del titular del copyright.

© Co-publicado por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Unión Internacional para conservación de la Naturaleza (UICN), 2016
Editado e impreso por la OIE y la UICN
(traducción de la versión inglesa de 2014 al español por el Dr. Andrés Alejandro Castro Cortés, Doctor en Veterinaria [Universidad Nacional de Colombia], y el Dr. Javier Martínez DVM, MRCVS, PhD Candidate, International Primate Heart Project [Cardiff, Reino Unido])
12, rue de Prony, 75017 París, France
Teléfono: 33-(0)1 44 15 18 88
Fax: 33-(0)1 42 67 09 87
Correo electrónico: oie@oie.int
www.oie.int
ISBN: 978-92-95108-28-8

Cita recomendada:

Jakob-Hoff R.M., MacDiarmid S.C., Lees C., Miller P.S., Travis D. & Kock R. (2016). – Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre. Organización Mundial de Sanidad Animal, París, 172 págs. Publicado junto con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Comisión para la Supervivencia de Especies.



© Imágenes de la portada, de izda. a dcha.:

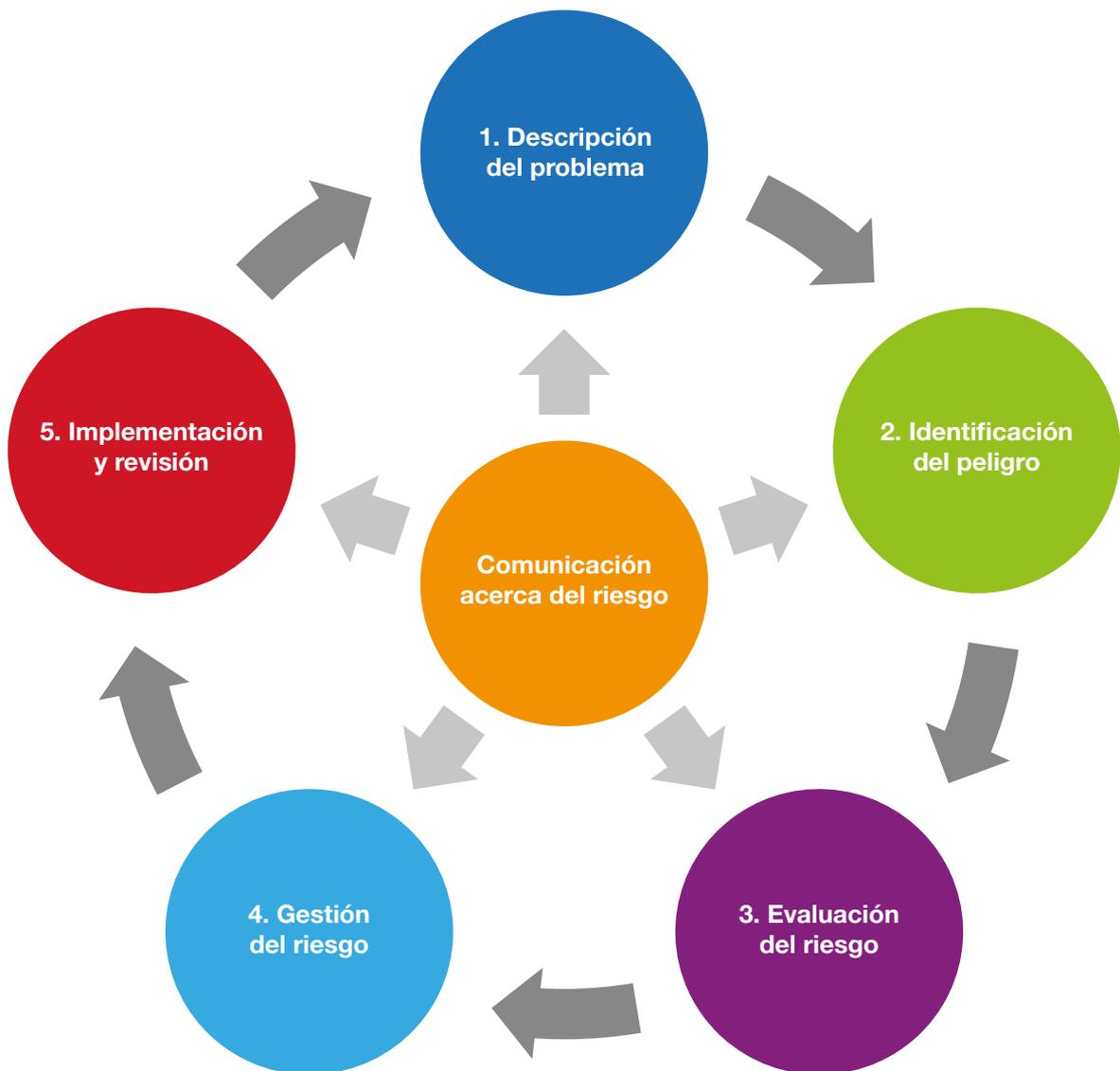
1. Cazadores de fauna silvestre volviendo a sus poblados en la frontera del Parque Nacional de Odzala, en la República del Congo, con gran variedad de especies de duiqueros recogidas del bosque. Fotografía cortesía de: Michael Kock
2. Buitres dorsiblanco bengalés, *Gyps bengalensis*, alimentándose de un búfalo acuático, *Bubalus bubalis*, en la India. Actualmente, esta especie de buitre se encuentra gravemente amenazada como consecuencia de la ingesta del fármaco de uso veterinario diclofenaco, que se emplea para tratar a búfalos y ganado bovino contra la cojera y otros trastornos pero que resulta muy tóxico para los buitres. Fotografía cortesía de: Munir Virani – The Peregrine Fund
3. Diablo de Tasmania, *Sarcophilus harrisii*, con los bultos cancerosos característicos de la enfermedad del tumor facial del diablo de Tasmania, que ha diezmado las poblaciones de este gran depredador en el estado de Tasmania, en Australia. Fotografía cortesía de: Sarah Doornbusch
4. La cebra y animales domésticos comparten una zona de pasto cercana a una población local de la zona de amortiguación del Parque Nacional de Limpopo, en Mozambique. Fotografía cortesía de: Michael Kock

Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre

Richard M. Jakob-Hoff
Stuart C. MacDiarmid
Caroline Lees
Philip S. Miller
Dominic Travis
Richard Kock

Co-publicado por la OIE y la UICN

Pasos del proceso de Análisis del Riesgo de Enfermedad (ARE)



Pasos del proceso de Análisis del Riesgo de Enfermedad (ARE)

● Comunicación acerca del riesgo (Se aplica en todos los pasos del ARE)

Propósito: Maximizar la calidad del análisis y la probabilidad de implementar las medidas que surjan del proceso mediante el compromiso de los expertos y las diferentes partes interesadas.

Preguntas: ¿Quién tiene interés? ¿Quién puede aportar conocimientos y experiencia? y ¿Quién puede influir en la implementación de las recomendaciones que surjan del ARE?

1 Descripción del problema

Propósito: Definir los antecedentes y el contexto del problema; identificar el objetivo, alcance y enfoque del ARE; formular la(s) pregunta(s) del ARE; exponer los supuestos y limitaciones, y especificar el nivel aceptable de riesgo.

Preguntas: ¿Cuál es la pregunta específica para este ARE? ¿Qué tipo de *análisis del riesgo* es necesario?

2 Identificación del peligro

Propósito: Identificar todos los posibles peligros y clasificarlos como *peligros* «infecciosos» o «no infecciosos». Establecer los criterios para clasificar por orden de importancia cada *peligro* con las barreras del problema en cuestión. Excluir los peligros con probabilidad mínima o igual a cero para la liberación o exposición, y construir un árbol de decisiones para los *peligros* restantes (de alta prioridad) que deban valorarse en profundidad (Paso 3).

Preguntas: ¿Qué puede causar *enfermedad* en la población de interés? ¿Cómo puede ocurrir esto? y ¿Cuál es el rango de posibles consecuencias?

3 Evaluación del riesgo

Propósito: Valorar cada *peligro* según:

a) la probabilidad de liberación (introducción) en el área de interés

b) la probabilidad de que las especies de interés resulten expuestas al *peligro* una vez introducido

c) las consecuencias de la exposición. Así, los peligros pueden ordenarse por orden descendiente de importancia

Preguntas: ¿Cuál es la probabilidad y cuáles son las consecuencias de que un peligro determinado ocurra durante un suceso o proceso específico?

4 Gestión del riesgo

Propósito: Revisar las opciones de reducción o gestión del riesgo y evaluar los posibles resultados. De esta forma, se pueden elaborar recomendaciones y tomar decisiones para mitigar los riesgos asociados a los *peligros* identificados.

Preguntas: ¿Qué se puede hacer para disminuir la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso? y ¿Qué se puede hacer para reducir las implicaciones una vez que este suceso haya ocurrido?

5 Implementación y revisión

Propósito: Formular un plan de acción y contingencia, y establecer un proceso y duración para el seguimiento, la evaluación y la revisión de las acciones destinadas a la *gestión del riesgo*. Tal revisión puede mejorar la comprensión del problema y ayudar a perfeccionar el ARE. Véase «Gestión adaptativa», en la pág. 50).

Preguntas: ¿Cómo se escogerán las opciones de *gestión del riesgo*? Y una vez implementadas ¿tendrán las acciones destinadas a la *gestión del riesgo* el efecto deseado? En caso negativo, ¿cómo pueden mejorarse?

Cómo usar este *Manual*

Los conocimientos, la experiencia y el acceso a fuentes de información de las personas que utilicen este *Manual* para un *análisis del riesgo* serán muy variados. Por ello, todo el material de este libro se ha organizado para favorecer un trabajo organizado paso a paso, y para los que tengan más experiencia en el tema, puede representar una ayuda para acceder de forma rápida a los términos o temas de interés.

Principio y final

Se han incorporado al *Manual* dos fuentes de consulta rápida:

- El diagrama de procesos, que se encuentra tras la portada de este *Manual*, situado aquí para facilitar el acceso a los diferentes pasos del ARE sea cual sea la parte del *Manual* que se esté utilizando. Junto a este diagrama, se ofrece una breve descripción del propósito de cada paso y las preguntas que se deberían responder. Los pasos más importantes del ARE se indican con un código de color a lo largo de todo el libro.
- El glosario, que se encuentra justo al final del libro. Todos los términos del glosario se encuentran en *cursiva* a lo largo del texto.

Diseño general

Tras una breve mención de la historia del análisis del riesgo de enfermedad (pág. 17), este *Manual* se estructura en cinco apartados principales:

1. Conceptos clave en el *análisis del riesgo de enfermedad en la fauna silvestre*

(págs. 19–22):

Listado de los conceptos fundamentales que deben tenerse en cuenta al realizar un análisis del riesgo de enfermedad en *fauna silvestre*.

2. *Análisis del riesgo de enfermedad en la fauna silvestre: planificación y desarrollo*

(págs. 23–54):

Descripción detallada de cada uno de los pasos que componen el ARE, con ejemplos tomados de trabajos publicados o aún sin publicar. Este apartado también incluye guías para la colaboración interdisciplinaria, consideraciones técnicas, sociales y políticas, y algunos de los retos asociados.

3. *Herramientas para el análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre*

(págs. 55–99):

Las descripciones de cada uno de los pasos del ARE van acompañadas de un recuadro con una lista de herramientas que pueden ser de utilidad para llevar a cabo el paso en cuestión.

Este capítulo aporta información detallada sobre varias herramientas representativas que resultan útiles a los profesionales que trabajan en un ARE. Estas herramientas incluyen desde sencillos instrumentos de dibujo que ayudan a ilustrar la enfermedad y las principales influencias que recibe, hasta elementos más complejos, como programas de modelado de la población y de cálculo de la probabilidad de enfermedad, que ayudan con análisis cuantitativos más detallados. Para facilitar un acceso más rápido, las herramientas están ordenadas de acuerdo con los pasos del ARE a los que se aplican y de acuerdo con su utilidad en situaciones de escasez de recursos, de información o de acceso a especialistas.

4. *Apéndices* (págs. 101–147):

Los apéndices proporcionan información adicional, ejemplos y recursos sobre los temas que se abordan en este *Manual*.

El Apéndice 1 provee una guía de fuentes de información relacionadas con el *análisis del riesgo de enfermedad en animales silvestres*. Los Apéndices 2, 3 y 4 aportan información sobre la vigilancia de las enfermedades, las pruebas de detección de agentes patógenos y el método de Monte Carlo. Son temas de gran amplitud que se tratan en profundidad en otros textos. El propósito de introducirlos aquí es ayudar a lectores como los cuidadores de animales silvestres, los legisladores o los biólogos de campo, que tal vez están poco familiarizados con el tema, a que comprendan los conceptos básicos y el vocabulario.

Además, se incluyen guías para la preparación de talleres sobre el ARE (Apéndice 5) y la planificación de la evaluación (Apéndice 6). En el Apéndice 7 se encuentran tres resúmenes de casos de ARE en animales silvestres que ilustran la aplicación de todo el proceso a varias situaciones, y por último, en el Apéndice 8, se ofrece un ejemplo más detallado de un ARE en el que se utilizan algunas de las herramientas que se explican en este *Manual*.

5. *Bibliografía y glosario*

Entre las páginas 149 y 161 se encuentra la bibliografía, seguida de un glosario con los términos técnicos que se utilizan en el *Manual*. Dado que el significado de algunos de estos términos o expresiones puede variar según la disciplina (p. ej. veterinaria vs. ecología), es recomendable repasar el significado que los autores de esta publicación han otorgado a cada cual. Como ya se ha mencionado con anterioridad, los términos del glosario están marcados en *cursiva* a lo largo de todo el texto.

Agradecimientos

El tema y el perfil práctico de este *Manual* indican que es fruto de una colaboración *interdisciplinaria*. Los editores estamos profundamente agradecidos por la generosidad de todas las personas que se nombran a continuación, que contribuyeron con sus conocimientos, destreza y tiempo para que este libro pudiese llevarse a cabo. Dichos colaboradores intervinieron en una o más de las siguientes tareas. En primer lugar, con la exposición y desarrollo de los puntos de vista, el objetivo, la estructura general y el contenido, participando en numerosas reuniones on-line y en un taller presencial que tuvo lugar en Auckland, Nueva Zelanda. En segundo lugar, con el seguimiento de las tareas asignadas durante dicho

taller o después del mismo. En tercer lugar, con el suministro de información y ayuda en cuanto al formato, el estilo y el contenido de los borradores redactados a lo largo de un periodo de más de dos años. Y por último, aportando casos reales y material bibliográfico, así como ayuda con el listado de participantes y personal de apoyo «corriendo la voz» entre los contactos personales y profesionales.

A todos ellos les agradecemos su colaboración y esperamos que sientan que el trabajo realizado ha merecido la pena.

Agradecemos su inestimable colaboración a:

- Amanda Fine, Wildlife Conservation Society, Mongolia
- Arnaud Desbiez, Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Brasil
- Bethany Jackson, New Zealand Centre for Conservation Medicine, Auckland Zoo, Nueva Zelanda
- Craig Pritchard, New Zealand Centre for Conservation Medicine, Auckland Zoo, Nueva Zelanda
- Doug Armstrong, Grupo Especialista en Reintroducción de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Massey University, Nueva Zelanda
- Enkhtuvshin Shiilegdamba, Wildlife Conservation Society, Mongolia
- Fransiska Sulisty, Borneo Orang-utan Survival Foundation, Kalimantan, Indonesia
- Hazel Hodgkin, Breakthrough Strategies, Nueva Zelanda
- Janelle Ward, Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Nueva Zelanda
- John Ewen, Institute of Zoology, Zoological Society of London, Reino Unido
- Joseph K. Gaydos, UC Davis Wildlife Health Centre, Davis, California, Estados Unidos de América
- Kathy LaFauce, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia
- Kevin Parker, Massey University, Nueva Zelanda
- Maggie Jakob-Hoff, Resonance Research, Nueva Zelanda
- Maj de Poorter, Grupo Especialista en Especies Invasoras de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN/Royal Forest and Bird Protection Society, Nueva Zelanda
- Nic Masters, Zoological Society of London, Reino Unido
- Rebecca Vaughn, Institute of Zoology, Zoological Society of London, Reino Unido
- Rob Jones, Aquarium Vet, Moorabin, Victoria, Australia
- Rodrigo Pinho Gomez Lopez, São Paulo Zoological Society, Brasil
- Rosalie Dench, Borneo Orang-utan Survival Foundation, Kalimantan, Indonesia
- Rosemary Barraclough, Massey University, Nueva Zelanda
- Shyama Pagad, Grupo Especialista en Especies Invasoras de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Nueva Zelanda
- Sue Bigwood, Zoos South Australia, Australia
- Susie Hester, Australian Centre of Excellence in Risk Assessment, Australia
- Tony Sainsbury, Institute of Zoology, Zoological Society of London, Reino Unido

Agradecemos a los autores su gran trabajo y eficiencia

- Verné Dove. Veterinario (licenciado con honores). Licenciado en Ciencia Animal. Máster en Medicina Veterinaria para la Conservación, Máster en Vigilancia de Enfermedades de los Animales. Diplomado en Conservación. Doctorando y Veterinario de Campo de Cetáceos de la organización Sea Shepherd Universidad de Murdoch, Universidad de los Andes y *Sea Shepherd Conservation Society* Coffs Harbour, Australia, y Bogotá, Colombia. verne.dolphin@gmail.com
- Nigel French. Veterinario. Máster en Ciencias (Epi) DLSHTM, Diplomado por el ECVPH, Miembro del RCVS, Doctor. Catedrático de Inocuidad Alimentaria y de Salud Pública Veterinaria Director del *Infectious Disease Research Centre* y del *Molecular Epidemiology and Public Health Laboratory* del *Hopkirk Research Institute* de la *Massey University*, Palmerston North, Nueva Zelanda. N.P.French@massey.ac.nz
- Tiggy Grillo. Veterinario. Miembro del RCVS. Coordinador nacional *Wildlife Health Australia* Sydney, Australia. tgrillo@wildlifehealthaustralia.com.au
- Carly Holyoake. Licenciado en Ciencias. Veterinario. Doctor. Investigador sénior del *Marine Mammal Health Registrar in Wildlife Epidemiology and Conservation Medicine* Facultad de Veterinaria y Ciencias Biomédicas de la Universidad de Murdoch, Perth, Australia. c.holyoake@murdoch.edu.au
- Richard M. Jakob-Hoff. Veterinario licenciado en el MANZCVS (especializado en medicina de *fauna silvestre*) Veterinario Sénior, *Conservation and Research New Zealand Centre for Conservation Medicine*, Auckland Zoo Profesor Adjunto de la Facultad de Veterinaria y Ciencias Biomédicas de la Universidad de Murdoch, Coorganizador del Grupo Especialista en Cría para la Conservación en Australasia, Auckland, Nueva Zelanda. richard.jakob-hoff@aucklandzoo.co.nz
- Richard Kock. Licenciado en humanidades. Veterinario. Doctor en Veterinaria Catedrático de Sanidad de la Fauna Silvestre y de Enfermedades Emergentes Departamento de Patología y Enfermedades Infecciosas del *Royal Veterinary College* Profesor Adjunto de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Tufts, Grafton, Massachusetts Co-Presidente del Grupo Especialista en Sanidad de la Fauna Silvestre de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Londres, Reino Unido. rkock@rvc.ac.uk
- Ian Langstaff. Veterinario. Doctor Gestor de Vigilancia de Enfermedades Animal Health Australia, Deakin, Australia. ilangstaff@animalhealthaustralia.com.au
- Caroline Lees. Licenciada en Ciencias. Responsable de programas. Coorganizadora del Grupo Especialista en Cría para la Conservación de Australasia Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Auckland, Nueva Zelanda. caroline@cbsgaustralasia.org
- Stuart C. MacDiarmid. Veterinario. Doctor. Asesor Internacional Principal. Profesor Adjunto de Análisis del Riesgo en Bioseguridad Veterinaria (Universidad de Massey) Miembro de la Comisión para el Establecimiento de Normas Internacionales de la Organización Mundial de Sanidad Animal, Ministerio de Industrias Primarias, Wellington, Nueva Zelanda. Stuart.MacDiarmid@mpi.govt.nz
- Kate McInnes. Veterinaria. Departamento de Conservación, Wellington, Nueva Zelanda. kmcinnes@doc.govt.nz
- Philip S. Miller. PhD Responsable sénior de programas. Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, Apple Valley, Minnesota. pmiller@cbsg.org

- Noël Murray, BVSc MANZCVS, Asesor Sénior, Análisis del Riesgo, Dirección de Ciencia de Sanidad Animal, *Canadian Food Inspection Service* Ottawa, Canada
Noel.Murray@inspection.gc.ca
- Andrea Reiss. Veterinario. Licenciado en Ciencias. (Medicina de animales silvestres y de zoológico) Responsable de Servicios Veterinarios *Zoo and Aquarium Association*, Sydney, Australia.
andrea@zooaquarium.org
- Bruce A. Rideout. Doctor en veterinaria. Director de doctorados. *Wildlife Disease Laboratories* San Diego Zoo Global, San Diego, California, Estados Unidos de América
brideout@sandiegozoo.org
- Shan Siah. Veterinario. Asesor en Análisis del Riesgo, Conservación y Concepto Una Sola Salud, *ConserveAction* Perth, Australia.
Shan@ConserveAction.org
- Lee Skerratt. Diplomado en Ciencia Animal, Doctor en Veterinaria, Investigador Sénior del MACVS *Tropical Infectious Diseases Research Centre* de la *James Cook University*, Townsville, Australia.
lee.skerratt@jcu.edu.au
- Daniel M. Tompkins. Veterinario. Postgraduado y Doctor en Ecología de Fauna Silvestre *Landcare Research*, Dunedin, Nueva Zelanda.
tompkinsd@landcareresearch.co.nz
- Dominic Travis, Veterinario. Máster en Ciencias. Profesor Asociado de Epidemiología y Salud de los Ecosistemas, Departamento de Medicina Veterinaria de Poblaciones, Facultad de Veterinaria de la Universidad de Minnesota, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos de América
datravis@umn.edu
- Steve Unwin, Licenciado en Ciencias. Veterinario. Miembro del *Royal College of Veterinary Surgeons* Jefe de Servicios Veterinarios (Sociedad Zoológica del norte de Inglaterra). Director Veterinario (Pan African Sanctuary Alliance) División de Medicina para la Conservación *Chester Zoo*, Chester, Reino Unido.
Steve.unwin@chesterzoo.org
- Mary van Andel. Veterinaria. Máster en Medicina para la Conservación. Investigadora de Incursiones, *Animal Surveillance and Incursions Investigations Team*, Ministerio de Industrias Primarias, Wellington, Nueva Zelanda.
Mary.vanAndel@mpi.govt.nz
- Simone Vitali, Licenciado en Ciencias. Veterinario (licenciado con honores) Veterinario sénior Profesor Asociado de la Facultad de Veterinaria y de Ciencias Biológicas de la Universidad de Murdoch, *Perth Zoo*, Perth, Australia.
simone.vitali@perthzoo.wa.gov.au
- Kristin Warren, Licenciada en Ciencias. Veterinaria (licenciada con honores). Doctora. Diplomada en Sanidad de Poblaciones de Fauna Silvestre por el *European College of Zoological Medicine*. Catedrática de Medicina de la Fauna Silvestre y de los Animales de Zoológico. Postgrado en Medicina para la Conservación. *Conservation Medicine Programme*, Facultad de Veterinaria y de Ciencias Biológicas de la Universidad de Murdoch, Perth, Australia.
k.warren@murdoch.edu.au

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado con gran admiración al difunto Ulysses S. Seal (que perteneció al Grupo Especialista en Cría para la Conservación entre 1979 y 2003) y a Doug Armstrong (Director de Sanidad Animal del Henry Doorly Zoo), quienes, a través de su visión y arduo trabajo, inspiraron a sus colaboradores y establecieron los fundamentos sobre los cuales se elaboró este documento.

Patrocinadores del taller

Estamos profundamente agradecidos a nuestros patrocinadores: el Zoo de Auckland, el Departamento de Conservación de Nueva Zelanda, Landcare Research y el Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, quienes posibilitaron el taller presencial en Auckland, Nueva Zelanda. Este evento resultó crucial para el desarrollo de este *Manual*, puesto que permitió que muchos colaboradores afianzaran sus relaciones de cooperación, compartieran experiencias y debatieran sobre las problemáticas en las cuales se puede aplicar el *análisis del riesgo* de enfermedad en *fauna silvestre*.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Nos gustaría rendir tributo a los representantes de algunos grupos de especialistas de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN, quienes contribuyeron a este proyecto desde el inicio y facilitaron la difusión de la información por sus redes profesionales:

Bob Lacy y Onnie Byers, Grupo Especialista en Cría para la Conservación;

William Karesh y Richard Kock, Grupo Especialista en Sanidad de la Fauna Silvestre;

Frederic Launay, Grupo Especialista en Reintroducción;

Piero Genovesi, Grupo Especialista en Especies Invasoras.

Nos gustaría agradecer su apoyo a:

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE)

Bernard Vallat, Director General, Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE);

Alain Dehove, Coordinador, Fondo Mundial de la OIE para la Sanidad y el Bienestar de los Animales.

Los miembros del Grupo de Trabajo de la OIE sobre Enfermedades de los Animales Silvestres.

Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda

Barry O'Neil, Director General Adjunto (en funciones).

Asimismo nos gustaría expresar nuestro profundo agradecimiento al equipo editorial de la OIE, dirigido por el Dr. Daniel Chaisemartin, por su incondicional y diligente apoyo, y muy especialmente a Annie Souyri, Jefa de la Unidad de Publicaciones; al Dr. Andrés Alejandro Castro Cortés, Doctor en Veterinaria, Universidad Nacional de Colombia, y al Dr. Javier Martínez DVM, MRCVS, PhD Candidate, International Primate Heart Project, Cardiff, Reino Unido, por la traducción al español; por la revisión, a la Dra. Núria Fernández-Casamitjana, veterinaria y profesora de traducción científica (Universitat Pompeu Fabra de Barcelona, España), y también a la Dra. Rosalia Pastor-Nieto, Médico Veterinario, Especialista en Medicina de Fauna Silvestre y Animales Compañía No Convencionales, Veterinaria Plus, Clínica San Francisco, así como a la Dra. Irene Bueno Padilla, Médico Veterinario (Universidad de Minnesota, Estados Unidos de América).

Índice

Pasos del proceso de Análisis del Riesgo de Enfermedad (ARE)	III
Cómo usar este <i>Manual</i>	V
Agradecimientos	VI
A los autores.....	VI
Dedicatoria.....	IX
Patrocinadores del taller.....	IX
Prefacio de la OIE	7
Prefacio de la UICN	9
Introducción	11
El concepto «Una sola salud» y un cambio de visión.....	11
La historia e importancia de este Manual.....	12
Prevención y colaboración.....	13
Comunicación interdisciplinaria.....	14
El análisis del riesgo de enfermedad en el contexto de la toma estructurada de decisiones.....	14
El análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre en el futuro.....	15
Un poco de historia sobre el análisis del riesgo de enfermedad	17
Conceptos clave del análisis del riesgo de enfermedad en la fauna silvestre	19
Riesgo.....	19
Análisis del riesgo.....	19
Enfermedad.....	19
Causas e impactos de la enfermedad.....	20
Objetividad.....	21
Proporcionalidad.....	22
Riesgo aceptable.....	22
El «principio de cautela».....	22
Supuestos.....	22
Análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre: planificación y desarrollo	23
Colaboración.....	23
Consideraciones técnicas, sociales y políticas.....	23
Algunos retos del análisis del riesgo de enfermedad en animales silvestres.....	24
El proceso de análisis del riesgo.....	25
Comunicación acerca del riesgo.....	25
<i>Localización de expertos y partes interesadas</i>	25
<i>Plan y estrategia de comunicación</i>	26
<i>Protocolos de comunicación</i>	26

Descripción del problema	27
<i>Preguntas que ayudan en la descripción del problema</i>	28
<i>Ejemplo 1 de descripción del problema: Análisis del riesgo de tuberculosis en un proyecto de reintroducción de orangutanes (Pongo pygmaeus).</i>	29
<i>Ejemplo 2 de descripción del problema: Análisis del riesgo de fiebre aftosa en gacelas de Mongolia (Procapra gutturosa) en la estepa oriental de Mongolia.</i>	30
Identificación del peligro	32
<i>Ejemplo 1 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de enfermedad y taller para la planificación de la gestión de kakapos (Strigops habroptilus)</i>	34
<i>Ejemplo 2 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de importar un tiburón toro (Carcharias taurus) a Nueva Zelanda (realizado para el Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda)</i>	35
<i>Ejemplo 3 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de enfermedad en diablo de Tasmania</i>	37
Evaluación del riesgo	38
<i>Árboles de situaciones</i>	39
<i>Incertidumbre</i>	39
<i>Evaluaciones del riesgo cualitativas frente a cuantitativas</i>	40
<i>Evaluación del riesgo semi-cuantitativa</i>	40
<i>Evaluación de la liberación del agente patógeno</i>	41
<i>Evaluación de las consecuencias</i>	42
<i>Estimación del riesgo</i>	43
Gestión del riesgo	43
<i>Valoración del riesgo</i>	43
<i>Valoración de las diferentes opciones</i>	44
<i>Puntos Críticos de Control</i>	44
<i>Decisiones en la gestión del riesgo</i>	45
<i>Planes de contingencia en la gestión del riesgo</i>	45
Implementación y revisión de las medidas	49
<i>Plan de acción y contingencia</i>	49
<i>Seguimiento y revisión</i>	49
<i>Valoración</i>	49
<i>Gestión adaptativa</i>	50
<i>Revisión científica externa</i>	50
Lista de puntos esenciales a tener en cuenta para la realización de un análisis del riesgo de enfermedad en una translocación de fauna silvestre	51
Herramientas para el análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre	55
Introducción	55
Descripción de las herramientas	56
Herramienta 1: Herramienta de Evaluación del Riesgo de Enfermedad (HERE)	58
Herramientas 2 y 3: Modelado para la simulación visual a nivel de sistemas – Stella y Vensim	61
Herramienta 4: Hoja de trabajo del ARE	63
Herramienta 5: Técnica de la comparación por parejas para la priorización de los peligros	63
Herramienta 6: Modelos gráficos	65
Herramienta 7: Árbol de decisiones	68
Herramienta 8: Diagramas de influencias	70
Herramienta 9: Árbol de fallos	73
Herramienta 10: Árbol de situaciones	74

Herramienta 11: Cmap.....	79
Herramienta 12: Sistemas de información geográfica (SIG)	80
Herramienta 13: Manual de la OIE sobre el análisis del riesgo	81
Herramienta 14: @Risk.....	83
Herramienta 15: OUTBREAK	83
Herramienta 16: PopTools	86
Herramienta 17: Obtención formal de la opinión de expertos	89
Herramienta 18: Netica	92
Herramienta 19: Árboles de precisión.....	93
Herramienta 20: Vortex	94
Herramienta 21: RAMAS.....	96
Herramienta 22: Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo.....	98
Apéndices	101
Apéndice 1: Fuentes de información para llevar a cabo un análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre	101
Apéndice 2: Vigilancia, seguimiento e investigación de brotes de enfermedad como fuente de información	103
Apéndice 3: Pruebas de detección: selección, interpretación y cálculo del tamaño de la muestra.	105
Apéndice 4: Simulación de Monte Carlo para la evaluación del riesgo	111
Apéndice 5: Una guía para planificar un taller sobre un ARE.....	122
Apéndice 6: Planificación de la evaluación.....	128
Apéndice 7: Ejemplos de resúmenes de ARE en fauna silvestre	130
Apéndice 8: Ejemplo de ARE: gorila de montaña, aplicando el programa Stella.....	136
Bibliografía	149
Glosario	157
Recuadros	
Recuadro 1: Profesión de los encuestados en la encuesta para la evaluación de necesidades en un análisis del riesgo de enfermedad, 2010.....	13
Recuadro 2: Puntos de referencia recientes en el desarrollo del análisis del riesgo de enfermedad	17
Recuadro 3: Las pruebas de embarazo de las mujeres han contribuido al declive global de la población de anfibios.....	20
Recuadro 4: Aliviar el dolor al ganado bovino incrementó el riesgo de rabia humana.....	20
Recuadro 5: La propagación de la plaga del cangrejo de río debida a la gestión de las piscifactorías.....	20
Recuadro 6: Ejemplos de diseminación de enfermedades asociada a fenómenos climatológicos	21
Recuadro 7: El modelo de cuatro etapas para el desarrollo del equipo.....	122
Recuadro 8: Ejemplo de un acuerdo de trabajo para un taller sobre ARE	123
Recuadro 9: Lista de verificación para la preparación del taller.....	125
Recuadro 10: Posibles medidas para el éxito de un ARE en fauna silvestre.....	129
Figuras	
Figura 1: Principales ámbitos de interés relacionados con las enfermedades de la fauna silvestre entre los encuestados en la encuesta de análisis de necesidades	13
Figura 2: Interacción entre el agente patógeno, el hospedador y el medio ambiente	19
Figura 3: Posibles causas de la introducción de una enfermedad y sus consecuencias.....	21
Figura 4: Pasos del proceso de Análisis del Riesgo de Enfermedad (ARE)	25
Figura 5: Tipos de consecuencias relacionadas con los peligros para la salud animal.....	33

Figura 6: Posibles vías de transmisión de agentes patógenos en el gato leopardo de Tsushima	40
Figura 7: Ejemplo de la aplicación de Puntos Críticos de Control (PCC)	44
Figura 8: Representación gráfica de un ciclo de gestión adaptativa.....	50
Figura 9: Diagrama de flujo para ilustrar en qué parte del análisis del riesgo de enfermedad es útil cada una de las herramientas	56
Figura 10: Herramientas para un análisis del riesgo de enfermedad	57
Figura 11: Modelo conceptual del proceso genérico de análisis del riesgo de enfermedad	66
Figura 12: Diagrama de rutas con asociaciones causales directas e indirectas (A con C)	66
Figura 13: Modelo de red causal aplicable a la infección por morbilivirus en cetáceos	67
Figura 14: Árbol de decisiones para la evaluación de la vacunación como estrategia de control	69
Figura 15: Ejemplo de árbol de decisiones más complejo	69
Figura 16: Diagrama de influencias que complementa al árbol de decisiones de la Fig.15	70
Figura 17: Ejemplo de diagrama de influencias esquemático	72
Figura 18: Ejemplo de diagrama de influencias complejo	72
Figura 19: Árbol de fallos en el que se comprueba qué errores deben cometerse para que se produzca el brote.....	75
Figura 20: Ejemplo de esquema útil para construir un árbol de situaciones.....	75
Figura 21: Árbol de situaciones en el que se muestran los sucesos que pueden dar lugar a enfermedad	76
Figura 22: Árbol de situaciones en el que se muestran los sucesos que pueden dar lugar a un brote de enfermedad	76
Figura 23: Árbol de situaciones para la evaluación de la liberación	77
Figura 24: Árbol de situaciones para una evaluación de la exposición	77
Figura 25: Árbol de situaciones para la evaluación de consecuencias.....	78
Figura 26: Árbol de situaciones con nodos de probabilidad.....	78
Figura 27: Interfaz gráfica para la simulación mediante el programa OUTBREAK.....	85
Figura 28: Resultados de una simulación mediante OUTBREAK.....	85
Figura 29: Ejemplo de pantalla para la entrada de datos en el paquete de simulación Vortex, en la que se muestra el uso de la interfaz de edición.....	95
Figura 30: Muestra de los resultados de una simulación con Vortex.....	95
Figura 31: Distribución uniforme de la duración de la viremia cuando el intervalo estimado es de 2–6 días	114
Figura 32: Comparación entre una distribución de PERT y una distribución triangular	114
Figura 33: Comparación entre una distribución uniforme, una distribución de PERT y una distribución de PERT modificada de la edad a la cual un pollo puede contraer la infección por el virus de la bursitis infecciosa antes del sacrificio a los 49 días de edad	114
Figura 34: Histograma de la distribución de probabilidad de la duración de la viremia en ganado bovino infectado de forma natural por el virus de la lengua azul	115
Figura 35: Distribución de la probabilidad acumulativa de la duración de la viremia en ganado bovino infectado de forma natural por el virus de la lengua azul	116
Figura 36: Distribución binomial de la variación en el número de animales infectados que puede haber en una muestra extraída de una población con determinada prevalencia de enfermedad.....	116
Figura 37: Distribución binomial negativa del número probable de animales no infectados que se extraerán de una población con una prevalencia de enfermedad del 10% antes de lograr extraer un animal infectado.....	117
Figura 38: Empleo de la función de distribución beta para modelar un parámetro incierto p , de una distribución binomial.....	117
Figura 39: Comparación entre la distribución hipergeométrica y la binomial.....	118
Figura 40: Distribución de probabilidad de Poisson del número de quistes de <i>Giardia</i> por litro de agua	119
Figura 41: Distribución de probabilidad de Poisson del número de brotes de enfermedad esperables durante el siguiente intervalo de tiempo t	119
Figura 42: Cantidad de agua de bebida contaminada que debería consumirse para ingerir quistes de <i>Giardia</i>	120

Figura 43: Estimación del número medio de quistes de <i>Giardia</i> por litro de agua contaminada.....	120
Figura 44: Etapas de desarrollo del equipo.....	122
Figura 45: Paso 3 – Trazar un mapa de las vías.....	136
Figura 46: a) Vías de transmisión de la sarna.....	138
Figura 47: b) Vías de transmisión de criptosporidios.....	138
Figura 48: c) Vías de transmisión de sarampión.....	139
Figura 49: d) Vías de transmisión de tuberculosis.....	139
Figura 50: Creación de unidades epidemiológicas.....	147
Figura 51: Imagen tomada de una serie de dibujos educativos sobre la diseminación del virus del Ébola en la República Democrática del Congo.....	147

Tablas

Tabla I: Ventajas e inconvenientes del trabajo individual frente al trabajo en grupo durante la realización de un análisis del riesgo de enfermedad (ARE) en fauna silvestre.....	23
Tabla II: Lista de partes interesadas y expertos para un taller de análisis del riesgo de enfermedad en el diablo de Tasmania.....	26
Tabla III: Extracto de un plan de comunicación del análisis del riesgo de enfermedad en diablos de Tasmania.....	27
Tabla IV: Peligros de enfermedad identificados para el kakapo.....	34
Tabla V: Identificación de peligros para una propuesta de importación de tiburones toro (extracto).....	36
Tabla VI: Extracto de la revisión de los peligros para el diablo de Tasmania (no asociados al tumor facial de los diablos de Tasmania).....	38
Tabla VII: Extracto de la evaluación semi-cuantitativa de los peligros para el kakapo, <i>Strigops habroptilus</i> , en la Isla de Codfish, Nueva Zelanda.....	41
Tabla VIII: Matriz de decisiones y valoración de las opciones.....	45
Tabla IX: Ejemplo de un plan de contingencia para gestionar tres categorías de amenaza de enfermedades infecciosas en fauna silvestre.....	48
Tabla X: Ejemplo de plantilla para el plan de implementación y revisión.....	51
Tabla XI: Resumen de la distribución de probabilidades seleccionadas para el modelado de datos.....	87
Tabla XII: Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo.....	99
Tabla XIII: Características intrínsecas (analíticas) de las pruebas.....	106
Tabla XIV: Lista de posibles partes interesadas en un ARE en fauna silvestre.....	125
Tabla XV: Capacidades o atributos que pueden resultar útiles a la hora de realizar un ARE en fauna silvestre.....	127
Tabla XVI: Plan de evaluación para la organización de un taller de ARE en diablos de Tasmania.....	129
Tabla XVII: Parte del diagrama sobre la gestión de una enfermedad – Limbe Wildlife Centre.....	143
Tabla XVIII: Matriz de riesgos para varias enfermedades de los primates.....	144
Tabla XIX: Resumen del plan de contingencia.....	145

Prefacio de la OIE

Organización Mundial de Sanidad Animal

12, Rue de Prony, 75017 París, Francia

La Oficina Internacional de Epizootias (OIE) se creó a través del acuerdo internacional del 27 de enero de 1924 a raíz de la necesidad global de combatir las enfermedades de los animales. En mayo de 2003, este organismo se convirtió en la Organización Mundial de Sanidad Animal, pero sus siglas originales (OIE) nunca han cambiado. La OIE es una organización intergubernamental responsable de mejorar la sanidad animal a nivel mundial, que en 2013 ya contaba con 178* Países Miembros. Esta organización mantiene relaciones permanentes con 45* organizaciones regionales e internacionales y posee oficinas a nivel regional y sub-regional en todos los continentes. La OIE se considera la organización internacional responsable de fijar las normas relativas a la sanidad animal y a las zoonosis con arreglo al Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF) de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

Con el fin de reducir futuras amenazas, la complejidad de las emergencias sanitarias en un mundo globalizado requiere el establecimiento y la aplicación de estrategias efectivas que se basen tanto en principios científicos como en la experiencia práctica comprobada. La crisis que generó el virus de la influenza aviar H5N1 demostró lo importante que es abordar las amenazas persistentes de tipo global en la interfaz de la salud humana, la sanidad animal y la salud medioambiental. Además, esto ha demostrado que una estrategia concreta, transparente y coherente, basada en la experiencia práctica y en principios científicos sólidos, resulta fundamental para gestionar las amenazas y preservar la credibilidad política a nivel nacional, regional e internacional. Este *Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre* brinda un nuevo recurso de gran valor para todos aquellos interesados en las enfermedades que afectan a los animales silvestres.

La colaboración y cooperación entre varios sectores es fundamental para asegurar la eficacia y efectividad de los esfuerzos que se realizan en ámbitos relacionados con la interfaz humano-animal-medio ambiente. La OIE ha estado trabajando para ayudar a los Países Miembros de tal manera que puedan optimizar su trabajo en esta interfaz. Asimismo, la OIE apoya firmemente la publicación de este *Manual*, que ayuda a difundir las bases científicas para la colaboración intersectorial y a determinar cómo

poner en práctica y regular, desde el punto de vista operativo, la interfaz humano-animal-medio ambiente, tanto en la teoría como en la práctica.

Al comprobar la importancia de la *fauna silvestre* como reservorio de enfermedades de gran importancia para los animales domésticos y los seres humanos, la OIE estableció en 1994 el Grupo de Trabajo sobre Enfermedades de los Animales Silvestres. La función de este grupo de expertos a nivel internacional es informar y aconsejar a la OIE sobre los problemas sanitarios relacionados con los animales silvestres, ya vivan en estado silvestre o en cautiverio.

Las publicaciones relacionadas con este ámbito son el Capítulo 2.1. del *Código Sanitario para los Animales Terrestres*, titulado «Análisis del riesgo asociado a las importaciones», en el que se brindan a los Países Miembros recomendaciones y principios para llevar a cabo un *análisis del riesgo* de forma transparente, objetiva y justificable para el comercio internacional de animales y productos de origen animal, y dos publicaciones anteriores que se elaboraron en colaboración con el Centro Canadiense para la Sanidad de la Fauna Silvestre (CCWHC): *Health Risks Analysis in Wildlife Translocations*, publicado en 2004, que ofrece recomendaciones paso a paso para el *análisis del riesgo* durante los desplazamientos de *fauna silvestre* a nivel nacional o internacional. Por otra parte, en 2010, la OIE publicó el *Training Manual on Wildlife Diseases and Surveillance*, un documento de carácter práctico, escrito por el Dr. F.A. Leighton, Director del CCWHC, que la OIE utiliza en su programa mundial de fomento de la capacidad para puntos focales nacionales para la *fauna silvestre*. Este se elaboró para talleres formativos, con el fin de proporcionar pautas prácticas en cuanto a las enfermedades y la vigilancia de la *fauna silvestre*, y para facilitar una sesión de trabajo interactiva con los participantes.

Otra publicación de relevancia de la OIE es *Directrices para Evaluar el Riesgo que Representan los Animales No Nativos (Exóticos)*, publicada en el 2011. Este documento brinda un método objetivo y justificable para determinar si una especie importada puede ser perjudicial para el medio ambiente, la economía, la sanidad animal o la salud humana.

* (180 países Miembros en 2016)

** (71 en 2016)

Este *Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre* de la UICN/OIE aporta otros recursos valiosos al extender la aplicación de la metodología del *análisis del riesgo* estandarizada por la OIE al análisis de peligros o amenazas para la conservación de la biodiversidad. Con ánimo de crear una colaboración intersectorial, este documento se ha elaborado conjuntamente entre la OIE y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La UICN también ha publicado un resumen complementario para los profesionales involucrados en la legislación y la toma de decisiones: *Directrices para el Análisis del riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre* de la UICN/OIE.

Estamos profundamente agradecidos al Dr. Jakob-Hoff, a su comité editorial y los autores por compartir su experiencia durante la compilación de este *Manual*.

Diciembre de 2013
Bernard Vallat
Director General de la OIE

Prefacio de la UICN

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

7–9 North Parade Buildings, Bath BA1 1NS, Reino Unido

Fundada en 1948, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es la organización internacional dedicada al medio ambiente más grande y antigua del mundo. Está compuesta por 12 000 científicos y expertos voluntarios que representan más de 200 organizaciones gubernamentales y 900 no gubernamentales de unos 160 países.

La Comisión para la Supervivencia de Especies (SSC) de la UICN es una red científica formada por más de 8 000 expertos de casi todos los países del mundo que trabajan juntos de manera voluntaria con el fin de lograr el ideal de «Un mundo que valora y conserva los actuales niveles de biodiversidad». La mayoría de los miembros están distribuidos en más de 130 grupos de especialistas, Autoridades de la Lista Roja, sub-comités, grupos de trabajo y grupos de trabajo.

Las directrices técnicas elaboradas por la SSC brindan pautas para los proyectos e iniciativas especializadas sobre conservación, tales como la reintroducción de animales en su hábitat natural, la manipulación de ejemplares confiscados y la interrupción de la diseminación de especies invasoras. El desarrollo de este *Manual de Procedimientos para el Análisis del riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre* de la UICN/OIE, así como de las *Directrices para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre* de la UICN/OIE son buenos ejemplos de lo ventajosa que resulta la colaboración dentro de la red mundial de expertos voluntarios de la SSC. Como se ha mencionado en la introducción, este trabajo es la culminación del esfuerzo colaborativo de cuatro de los grupos disciplinarios de la SCC con intereses comunes en los agentes patógenos y en sus consecuencias para la conservación de la biodiversidad.

El Grupo de Especialistas en Cría para la Conservación (CBSG) tiene por objetivo salvar especies amenazadas incrementando la efectividad de los esfuerzos en materia de conservación a nivel mundial, a través de:

- el desarrollo y difusión de herramientas y metodologías innovadoras e interdisciplinarias de carácter científico
- una facilitación sensible y respetuosa con las culturas que dé lugar a planes de acción para la conservación
- la promoción de asociaciones y colaboraciones mundiales
- el fomento de la participación de comunidades especialistas en la cría para la conservación de especies.

El Grupo Especialista en Sanidad de Fauna Silvestre (WHSG) sirve como primera línea de acción en respuesta a problemas de sanidad en fauna silvestre de cualquier parte del mundo, y tiene por objetivo ampliar los conocimientos sobre las enfermedades de la fauna silvestre y su papel en las infecciones multiespecie u otros síndromes. Este grupo está compuesto por una red de expertos regionales que trabajan con fauna silvestre en diferentes áreas: vigilancia epidemiológica, notificación y respuesta, gestión de enfermedades, ecología de las enfermedades, diagnóstico, epidemiología, anatomopatología, toxicología, políticas sanitarias y otras disciplinas relacionadas.

El Grupo de Especialistas en Reintroducción (RSG) tiene por objetivo combatir las pérdidas de biodiversidad usando las reintroducciones como herramienta para la gestión y restauración de la biodiversidad. Este grupo desarrolla y promueve activamente la divulgación de información científica interdisciplinaria y las políticas y prácticas, para así establecer poblaciones viables de fauna silvestre en sus hábitats naturales. Algunas publicaciones recientes del RSG complementarias de este volumen son la *Guía para Reintroducciones* de la UICN, y *Reintroduction Biology: Integrating Science and Management*, de Ewen et al. (2012) (Wiley- Blackwell).

El Grupo de Especialistas en Especies Invasoras (ISSG) tiene por objetivo reducir las amenazas para los ecosistemas naturales y las respectivas especies nativas ampliando los conocimientos sobre las especies invasoras y sobre las formas de prevenirlas, controlarlas y erradicarlas. El ISSG promueve y facilita el intercambio de conocimientos e información sobre especies invasoras a nivel mundial y asegura que los profesionales involucrados en la toma de decisiones estén informados, vinculando el conocimiento, la práctica y la política. Las dos áreas de actividad principales son el asesoramiento técnico y político, y el intercambio de información a través de redes, recursos y herramientas online, como por ejemplo, la Base de Datos Mundial sobre Especies Invasoras, que incluye datos de la distribución de los agentes patógenos y de sus consecuencias para la biodiversidad.

Este documento es la primera colaboración formal entre estos cuatro grupos de especialistas en un tema en el que todos están interesados y que valoran. El incremento de las amenazas de enfermedades emergentes y re-emergentes para la conservación de la biodiversidad es un síntoma del creciente desequilibrio entre las especies y el entorno natural. Para compensar

tal desequilibrio es necesario cambiar la forma de pensar y de actuar, como por ejemplo, evitando enfoques unilaterales y fomentando la colaboración interdisciplinaria que se defiende en este *Manual* y que se aplicó para su elaboración.

La Comisión para la Supervivencia de Especies agradece el trabajo de los autores y editores de este excelente volumen, y junto con la Organización Mundial de Sanidad Animal, está orgullosa de avalar este trabajo como valioso recurso para todos los profesionales del mundo que se dedican a la conservación.

Diciembre de 2013
Simon N. Stuart
Presidente de la Comisión para
la Supervivencia de Especies de la UICN

Introducción

R.M. Jakob-Hoff, S.C. MacDiarmid, C. Lees, P.S. Miller,
D. Travis y R. Kock

El *análisis del riesgo* de enfermedad (ARE) es un proceso estructurado y basado en la evidencia que puede ayudar en la toma de decisiones en caso de *incertidumbre* y a determinar el posible impacto de enfermedades infecciosas o no infecciosas en los *ecosistemas*, la *fauna silvestre*, los animales domésticos y las personas. Los resultados del ARE pueden ayudar a los responsables de tomar las decisiones a plantearse opciones basadas en la evidencia para la prevención y mitigación del riesgo de enfermedad en la población estudiada.

● El concepto «Una sola salud» y un cambio de visión

Este *Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre (Manual)* parte de un enorme trabajo sobre el ARE realizado por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y su objetivo es promover la aplicación de las metodologías existentes a los temas relacionados con la conservación de la biodiversidad.

Thomas Kuhn, en su trascendental trabajo de 1962, *La estructura de las Revoluciones Científicas* (Kuhn 1962), describió las fases de nuestro entendimiento del mundo y de su funcionamiento, así como de la forma en que van cambiando a lo largo del tiempo. A partir de ejemplos como la revolución copernicana, que cambió la creencia occidental predominante del siglo XV y por la cual se pasó de creer en un universo geocéntrico a uno en el que la tierra orbita alrededor del sol, Kuhn identificó una secuencia constante de fases en la que la visión mundial prevalente o «paradigma» es reemplazada por una nueva. Observó que dichas «revoluciones» tienen lugar tras un periodo de tiempo considerable, y que derivan de un conjunto creciente de «anomalías» que no pueden explicarse ni entenderse fuera del contexto de la visión del mundo del momento. En el análisis de Kuhn, hay largos periodos de «ciencia normal» en que las preguntas a responder se realizan en base al paradigma existente. Aun así, se van acumulando observaciones que no pueden explicarse dentro de ese contexto hasta que se propone otra visión del mundo, a menudo completamente diferente, que permite explicar tanto el conocimiento existente

como estas «anomalías». A esto le sigue un periodo de crisis en el cual se genera una gran resistencia por parte de la «postura previa», (a menudo acompañada del ridículo de aquellos que proponen paradigmas alternativos) dado que el nuevo pensamiento reta a las creencias predominantes, a la jerarquía social y a la distribución de recursos que se han creado en torno a ellas.

Actualmente está teniendo lugar este tipo de «revolución de pensamiento», ya que nos enfrentados a la realidad de vivir en un mundo que es considerablemente más complejo e integrado que el sugerido por el *modelo* newtoniano que ha condicionado la mentalidad occidental durante los últimos 300 años. En esta visión del mundo, los fenómenos naturales se estudian reduciéndolos a sus componentes. Este paradigma mecanístico ha permitido (y continúa permitiendo) avances extraordinarios en medicina, tecnología y otras muchas áreas de interés humano en los últimos 3 siglos. Sin embargo, sus limitaciones son cada vez más evidentes, ya que vivimos en un mundo dominado por la actividad combinada de 7 mil millones de personas. Actualmente, los efectos inducidos por el ser humano o «antropogénicos» en el planeta están cambiando drásticamente los *ecosistemas* y los mecanismos reguladores (como el clima o el ciclo del carbono) que han llegado a integrarse estrechamente tras millones de años y que proporcionan las condiciones medioambientales necesarias para mantener la diversidad de vida que hoy conocemos. Para entender (y controlar) los factores determinantes de las enfermedades de la *fauna silvestre* en los sistemas de vida dinámicos e interdependientes en los que nos encontramos los humanos, es necesario cambiar nuestra visión del panorama general que nos proporcionan las relativamente modernas ciencias de la ecología (el estudio de las relaciones entre los organismos y el medio ambiente) y la epidemiología (el estudio de la dinámica de las enfermedades en las poblaciones).

La aparición de nuevas enfermedades en los seres humanos (como la encefalopatía espongiiforme bovina o «mal de las vacas locas», el virus de la inmunodeficiencia humana/SIDA o el síndrome respiratorio agudo severo) y las enfermedades re-emergentes que una vez estuvieron controladas

(como la tuberculosis) han potenciado el restablecimiento del concepto «Una Sola Salud» y el desarrollo de disciplinas relacionadas, como la «salud de los ecosistemas» o la «medicina de la conservación» (Aguirre *et al.* 2002; Friend 2006, Rabinowitz y Conti 2010).

El concepto «Una Sola Salud» constituye un enfoque exhaustivo de la salud que se centra en:

1. mejorar la sanidad y el bienestar a través de la prevención del riesgo y de la mitigación de los efectos de las crisis (enfermedades emergentes) que se originan en la interfaz entre los seres humanos, los animales y el medio ambiente.
2. promocionar colaboraciones transversales y un tratamiento de los *peligros* sanitarios de «toda la sociedad» a modo de cambio sistémico de perspectiva en la gestión del riesgo.

Esta nueva visión se englobó dentro de los «Principios de Manhattan» en una conferencia que se celebró en el año 2004 en la Universidad de Rockefeller, Nueva York, titulada «Un mundo, una salud: Creación de puentes *interdisciplinarios* hacia la salud en un mundo globalizado». Robert Cook, William Karesh y Steven Osofsky, de la Sociedad para la Conservación de la Naturaleza, resumieron estos principios, que ahora reciben el apoyo de numerosas entidades tanto nacionales como internacionales (consúltese www.onehealthinitiative.com/supporters.php); en el resumen de la declaración final de la conferencia se encuentra este fragmento:

Está claro que ninguna disciplina ni sector de la sociedad tiene conocimientos o recursos suficientes para prevenir la aparición o reaparición de enfermedades en el mundo globalizado actual. Ninguna nación es capaz de revertir los patrones de pérdida del hábitat y extinción que pueden minar y minan la salud humana y de los animales. Solo rompiendo las barreras entre instituciones, individuos, especialidades y sectores podemos desatar la innovación y experiencia necesarias para enfrentarnos a la multitud de graves desafíos a los que se enfrentan la salud humana, la sanidad animal y la integridad de los ecosistemas. Ni las amenazas de hoy ni los problemas de mañana pueden resolverse con las estrategias de ayer. Estamos en la era del concepto «Un mundo, Una salud» y tenemos que idear soluciones adaptadas, con visión de futuro y multidisciplinares para los desafíos que indudablemente están por venir.

Los autores de este *Manual* se han esforzado en proporcionar una herramienta práctica, que permita a los profesionales de la conservación de la vida silvestre y a aquellos que trabajan en ciencias de la salud – ya sea humana, animal o medioambiental - aplicar estos principios a sus *análisis del riesgo* de enfermedad. Con ello, esperamos que a través de una toma de decisiones informada puedan avanzar en las causas interrelacionadas de conservación de la biodiversidad, bioseguridad, sanidad de los animales domésticos y salud pública cuando se enfrenten a las múltiples situaciones en las que una enfermedad de la *fauna silvestre* resulta un factor crítico.

● La historia e importancia de este *Manual*

Desde 1992, el Grupo Especialista en Cría para la Conservación (CBSG) de la Comisión para la Supervivencia de Especies (SSC) de la IUCN ha facilitado la colaboración entre expertos en veterinaria de animales de zoológico y *fauna silvestre*, en ecología de las enfermedades y en gestión de poblaciones para desarrollar un conjunto de herramientas para un análisis real y riguroso del riesgo de enfermedad en la *fauna silvestre*.

Dicha colaboración culminó con la publicación de una guía centrada en el riesgo de enfermedad relacionado con las translocaciones de animales (Armstrong *et al.* 2002), que puede consultarse en la web del CBSG (www.cbsg.org). En 2010, tras reconocer que el tipo de preocupaciones relacionadas con las enfermedades de la *fauna silvestre* va mucho más allá de las que tienen que ver con los desplazamientos de animales, el CBSG, junto con otros tres grupos de especialistas de la SSC de la UICN (en Sanidad de la Fauna Silvestre, en Reintroducciones y en Especies Invasoras) llevó a cabo una encuesta mundial de evaluación de necesidades. Se obtuvieron 290 respuestas procedentes de 40 países diferentes y correspondientes a 26 grupos profesionales diferentes, todos ellos con interés en las enfermedades de la *fauna silvestre* (Recuadro 1). Tal como se ilustra en la Figura 1, las interacciones entre personas y *fauna silvestre* era lo más preocupante para la mayoría de encuestados, seguidas de las interacciones entre *fauna silvestre* y doméstica, la gestión de la *fauna silvestre* en la naturaleza (*in situ*), las translocaciones de animales silvestres y la gestión de la *fauna silvestre* en cautiverio (*ex situ*).

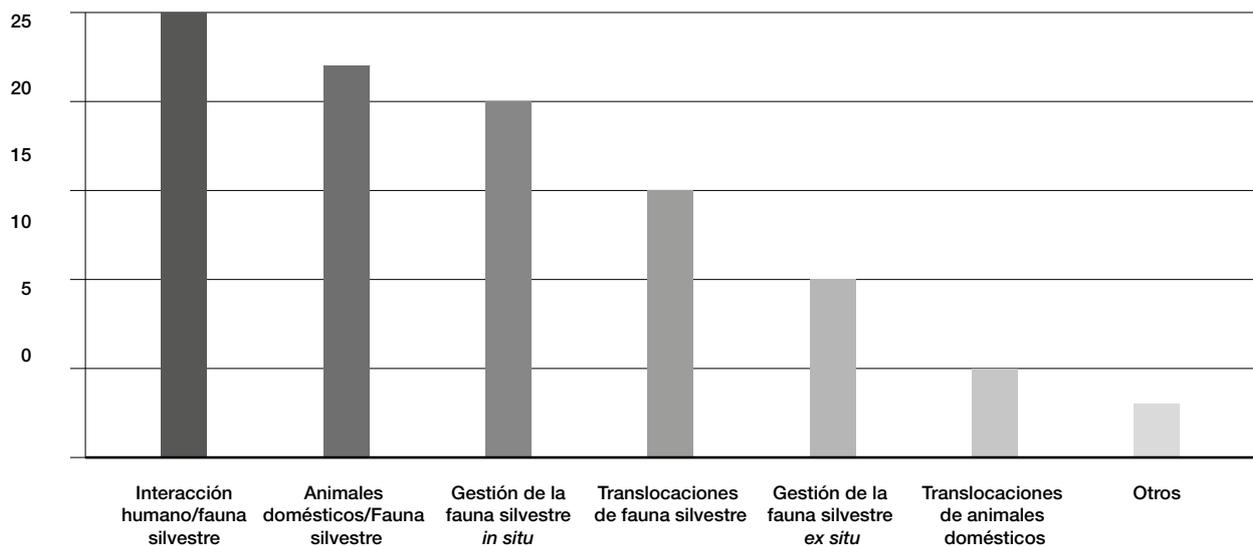


Fig. 1
Principales ámbitos de interés relacionados con las enfermedades de la fauna silvestre entre los encuestados en la encuesta de análisis de necesidades ($n = 290$)

Recuadro 1:
Profesión de los encuestados en la encuesta para la evaluación de necesidades en un análisis del riesgo de enfermedad, 2010

Administrador de permisos de investigación
Asesor en bioseguridad
Consejero
Biólogo
Biólogo marino
Ecólogo
Enfermero
Entomólogo
Especialista en gestión de la información
Criador especialista en la cría en cautiverio
Estadístico
Estudiante
Gerente de campo
Guarda de fauna silvestre
Herpetólogo
Investigador
Médico de salud pública
Microbiólogo
Oficial en política
Ornitólogo
Patólogo
Planificador/Gerente
Toxicólogo medioambiental
Veterinario de fauna silvestre
Veterinario epidemiólogo
Virólogo
Voluntario

● Prevención y colaboración

Para conocer y gestionar el riesgo de enfermedad en los animales silvestres, son fundamentales los conceptos de «prevención» y de «colaboración».

El dicho «más vale prevenir que curar» es especialmente aplicable a la gestión y al impacto de las enfermedades de la *fauna silvestre*.

Como se explica en este *Manual*, existen muchos ejemplos de transferencia accidental de agentes de enfermedades infecciosas con los desplazamientos, intencionados o no, de animales domésticos y silvestres, así como de personas o productos de origen animal (Woodford y Rositer 1994; Wobeser 2006; Travis *et al.* 2011). Algunos de estos ejemplos son los siguientes:

- la introducción de tuberculosis bovina en el Parque Nacional Kruger de Sudáfrica a partir de ganado vacuno doméstico, que causó una rápida diseminación de la infección entre la población de búfalos africanos del parque, la cual ahora transmite la enfermedad a otras especies (Bengis *et al.* 1996; Michel *et al.* 2009).
- la introducción de zari güeyas australianas (*Trichosurus vulpecula*) invasoras en Nueva Zelanda, donde se han convertido en el mayor reservorio de tuberculosis para la industria pecuaria (Hickling 1991)
- la diseminación del hongo quitrido de los anfibios *Batrachochytrium dendrobatidis* (ahora relacionado con extinciones masivas de anfibios) a través de comercio legal o ilegal (Travis *et al.* 2011).

Estos resultados muestran que en todo el mundo existen preocupaciones relacionadas con las enfermedades que afectan a la *fauna silvestre*, que son de gran envergadura y que afectan a un gran número de personas de múltiples disciplinas profesionales. Este *Manual* se concibió y desarrolló en respuesta a esta demanda.

Tal y como describió en detalle Wobeser (2006), una vez se establecen las condiciones que un *agente patógeno* necesita para ser liberado (p. ej., debido a cambios en las condiciones de las poblaciones, del entorno o ecológicas) su control resulta muy difícil y extremadamente caro, y su erradicación casi imposible. Por ejemplo:

- A pesar de los más de 40 años de esfuerzos dedicados a erradicar la tuberculosis bovina en las zarigüeyas de Nueva Zelanda, aún quedan núcleos de animales infectados que actúan como reservorios para el ganado vacuno, y en 2013 aún no se ha conseguido eliminar la enfermedad a nivel nacional (Porphyre *et al.* 2008).
- El sacrificio de 20 000 tejonos, *Meles meles*, en Inglaterra para controlar la transmisión de la tuberculosis al ganado vacuno ha provocado, en algunos casos, una alteración de la organización social de estos animales haciendo que algunos tejonos infectados transmitan la infección a mayores distancias. (Donnelly *et al.* 2003)

Así pues, cuando se trata de *fauna silvestre*, se obtienen mayores beneficios financieros invirtiendo en las estrategias de prevención y llevando a cabo ARE, tanto si lo que preocupa es el posible impacto en la conservación de la *fauna silvestre* como el impacto que puedan ejercer los animales silvestres al actuar como *reservorios* o *vectores* de enfermedades de las personas o de los animales domésticos.

● Comunicación interdisciplinaria

Dada la complejidad de la ecología de las enfermedades de la *fauna silvestre*, la relativa escasez de información relevante publicada y la implicación de múltiples partes interesadas, este *Manual* pone especial énfasis en la *colaboración interdisciplinaria*.

Para hacer este recurso tan útil y accesible como sea posible teniendo en cuenta la gran cantidad de posibles lectores, un equipo multidisciplinario con experiencia, formado por profesionales de diferentes partes del mundo, ha contribuido con sus conocimientos y experiencia y de una manera altruista y colaboradora a la creación de este *Manual*. Gracias a estas colaboraciones, se comprobó que, en ocasiones, un mismo término puede tener distintos significados y que cada disciplina aplica el que le es propio, lo cual puede suponer una barrera lingüística cuando se trabaja en grupos *interdisciplinarios*. Así pues, en este texto se ha intentado mantener un lenguaje sencillo, definiendo los términos técnicos necesarios en un

glosario. El glosario de términos que aquí se incluye se ha elaborado y acordado con los autores de cada disciplina con el fin de garantizar que todos los usuarios de este *Manual* lo utilicen e interpreten de forma coherente. Es nuestra intención que, pasado un tiempo, esta publicación se pueda traducir a otros idiomas, rompiendo así esta barrera en la comunicación.

● El análisis del riesgo de enfermedad en el contexto de la toma estructurada de decisiones

Analizar y gestionar el riesgo de enfermedad en el contexto de la gestión de poblaciones animales implica tomar decisiones en muchos ámbitos: ¿Cuáles son las enfermedades que debo tener en cuenta? ¿Cómo responden al agente patógeno aquellas especies que se encuentran dentro del área de estudio (incluidos seres humanos)? ¿Cuál es la mejor forma de tratar la enfermedad? ¿Cuáles son las consecuencias biológicas de introducir especies o poblaciones de animales a nuestra área de estudio o de desplazarlas por su interior? Estas simples preguntas ayudan a definir los parámetros biológicos de problemas más importantes, y las herramientas y procesos descritos en este *Manual* se centran en analizarlos en detalle.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la biología de las especies y la epidemiología de las enfermedades son solo algunos de los muchos posibles factores que debemos tener en cuenta para tomar decisiones encaminadas a minimizar el riesgo de introducir una enfermedad o de su transmisión. La reducción del coste financiero, maximizar el apoyo público a una decisión relativa a la gestión o potenciar las oportunidades de ampliar los conocimientos científicos en el área de estudio pueden ser factores a tener en cuenta durante la toma de decisiones. De hecho, a menudo es necesario llegar a difíciles equilibrios entre decisiones de gestión biológicamente óptimas y un coste económico asumible. ¿De qué forma equilibran las autoridades estos factores, que a veces entran en competición, al intentar determinar cuál es la mejor decisión relativa a la gestión?

El campo general de la toma de decisiones estructurada (SDM), en ocasiones denominado de forma más específica análisis de decisiones multicriterio (MCDA), teóricamente está pensado para solucionar estos complejos problemas multidimensionales. La toma de decisiones estructurada constituye una estrategia organizada para analizar el problema, aclara las compensaciones entre posibles alternativas y

ayuda a comunicar cómo la gente ve las diferentes opciones. A partir de un conjunto de herramientas y procesos, la SDM puede integrar análisis rigurosos y serias deliberaciones de una forma completamente transparente y justificable. Este proceso resuelve explícitamente la *incertidumbre* y permite fomentar la capacidad en los ámbitos de interés en cuestión para poder tomar de decisiones en el futuro. Para más información sobre la SDM, consúltese Clemen (1997), Gregory *et al.* (2012) y las respectivas referencias.

El objetivo de este *Manual* no es proporcionar toda la información sobre los mecanismos necesarios para poner el ARE en el contexto más amplio de la toma de decisiones estructurada. Sin embargo, reconocemos el posible valor de incorporar elementos de la SDM cuando sean necesarios para decisiones específicas. Si la estrategia deseada es una ampliación del análisis, nosotros recomendamos tener muy en cuenta y aplicar los recursos de SDM disponibles como forma de ampliación de los ARE que se explican en este libro.

● El análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre en el futuro

Este *Manual* es un trabajo que continúa en proceso. Confiamos en que los responsables de la toma de decisiones sobre la planificación del uso del suelo que afecta a la vida silvestre, los responsables de zonas protegidas, los conservacionistas y los interesados en la salud en el más amplio sentido de la palabra apreciarán las ventajas de este enfoque. Muchos de los ejemplos que se utilizan para ilustrar los procesos y herramientas descritos en las páginas siguientes no se habían publicado con anterioridad y proceden de las experiencias personales de los autores. Con dichos ejemplos se ilustra el estado actual del ARE en los animales silvestres, y se pone de manifiesto que este libro se basa, en gran medida, en fuentes no publicadas. Sin embargo, aumentan las publicaciones sobre los temas que se tratan en este *Manual*, y es nuestro deseo que este recurso incentive cada vez a más gente a realizar ARE en *fauna silvestre* y a publicar y compartir sus experiencias. Este es el único modo de ampliar y definir nuestros conocimientos sobre unos complejos sistemas de los que las enfermedades de la *fauna silvestre* son un ejemplo claro, así como de ser capaces, de forma colectiva, de tomar decisiones que beneficien a la salud de todos los habitantes del planeta.

Diciembre de 2013

Un poco de historia sobre el análisis del riesgo de enfermedad

D. Travis, S.C. MacDiarmid y R. Kock

El *análisis del riesgo* ha formado parte de la condición humana desde siempre; cada día, todos y cada uno de nosotros valoramos los riesgos de las actividades cotidianas. Sin embargo, no fue hasta 1654 que los matemáticos Blaise Pascal, francés, y Luca Paccioli, italiano, exploraron los problemas del azar y la *incertidumbre* en las apuestas y elaboraron lo que ahora se conoce como teoría de la probabilidad, combinando, por primera vez, las matemáticas con los elementos rudimentarios del concepto que hoy conocemos como riesgo. Con el tiempo, especialistas de otras disciplinas que intentaban valorar riesgos y predecir el futuro desarrollaron en mayor profundidad y perfeccionaron las bases matemáticas de la teoría de la probabilidad (Berstein, 1996).

En lo que respecta a los veterinarios y Servicios veterinarios, clásicamente han basado sus decisiones relativas al riesgo de enfermedad en la experiencia y en evaluaciones cualitativas.

A finales del siglo XX, matemáticos, ingenieros, economistas y profesionales de la salud comenzaron a estandarizar técnicas de evaluación cualitativa y cuantitativa y a predecir medidas de *riesgo* en sus respectivos campos. Como resultado, se ha creado un conjunto de métodos, conocidos como *análisis del riesgo*, para apoyar la toma de decisiones racional frente a la *incertidumbre*. El *análisis del riesgo* no es una ciencia *per se*, sino un proceso basado en la evidencia que consiste en una estrategia lógica y organizada para identificar y usar datos científicos en las decisiones políticas del mundo real.

Numerosas organizaciones relacionadas con la salud han publicado borradores de *análisis del riesgo* para enfermedades causadas por microorganismos; la mayoría sigue el *análisis del riesgo* genérico, pero tienen diferentes formatos en cuanto a la *evaluación del riesgo*. En *Revised Framework for*

Microbial Risk Assessment del ILSI (International Life Sciences Institute), se ofrece una comparación de la complejidad entre formatos (International Life Sciences Institute 2000). En una inspección más exhaustiva de la comparación que realizó el ILSI, se observa que muchos de los *modelos de evaluación del riesgo*, aunque se desarrollen de forma separada, convergen en un formato similar.

Recuadro 2: Puntos de referencia recientes en el desarrollo del análisis del riesgo de enfermedad

En 1969, Chauncey Starr adelantó la metodología de la *evaluación del riesgo* cuantitativa definiendo un formato estandarizado para la misma (Starr 1969).

En 1980, William W. Lowrance sugirió que para valorar riesgos relacionados con enfermedades infecciosas deberían aplicarse métodos de evaluación del riesgo cuantitativa (Lowrance 1980).

En 1981, cuando se creó la revista *Risk Analysis*, empezaba a haber indicios de que el *análisis del riesgo* se estaba convirtiendo en una disciplina formal.

En 1983, el Consejo Nacional de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias (NRC-NAS) de EE.UU. estandarizó el formato para la evaluación de los efectos de productos químicos peligrosos para la salud humana en lo que se conoce como el Libro Rojo. Las metodologías que se aplican a la *evaluación del riesgo* y que se utilizan de forma habitual hoy en día, tanto en personas como animales, tienen este origen.

El modelo de *análisis del riesgo* de la Organización Mundial de Sanidad Animal (Brückner *et al.* 2010) se elaboró a partir de la metodología de *evaluación del riesgo* medioambiental de Covello y Merkhofer (1993). Aunque inicialmente se desarrolló como herramienta para el *análisis del riesgo* asociado a las importaciones, se ha comprobado que es aplicable a múltiples situaciones (Bartholomew *et al.* 2005). En este *Manual* hemos adaptado este modelo, que se utiliza a nivel mundial, de tal forma que incluya los rasgos específicos del *análisis del riesgo de enfermedad* aplicable a la *fauna silvestre* y a la conservación de la biodiversidad.

Conceptos clave del análisis del riesgo de enfermedad en la fauna silvestre

D. Travis, S.C. MacDiarmid, K. Warren, C. Holyoake, R. Kock, R.M. Jakob-Hoff, I. Langstaff y L. Skerratt

Gran variedad de profesionales de diferentes perfiles y procedencias puede aplicar el *análisis del riesgo de enfermedad* (ARE) a múltiples situaciones. Para que resulte útil, este *Manual* debe comunicar su contenido de una forma eficiente y coherente a todos estos grupos de lectores. Y para lograr tal objetivo, comenzamos describiendo ciertos conceptos. Conocerlos resulta fundamental para comprender tanto la teoría como la práctica del ARE.

● Riesgo

El *riesgo* se suele definir como la probabilidad de que se produzca alguna forma de daño, pérdida o perjuicio. Por esta razón, consta de dos componentes:

1. la posibilidad¹ o probabilidad de que algo ocurra, y en caso de que esto ocurra,
2. las consecuencias de la actividad dañina.

Debido al factor probabilidad, nunca podemos predecir exactamente lo que pasará, pero a través de un proceso apropiado podemos estimar la probabilidad de que ocurra un hecho concreto (Brückner *et al.* 2010).

● Análisis del riesgo

«El *análisis del riesgo* es un procedimiento formal para estimar la probabilidad y las consecuencias de efectos adversos ocurridos en una población específica, en el que se tiene en cuenta la exposición a posibles *peligros* y la naturaleza de sus efectos» (Thursfield, 2007). Es una herramienta que permite a los encargados de tomar las decisiones incluir ciencia en la política.

● Enfermedad

A un nivel muy básico, la enfermedad se define como cualquier alteración de la estructura normal o del estado fisiológico de un organismo. La manifestación de la enfermedad a menudo es compleja y puede incluir respuestas a factores medioambientales, como la disponibilidad de comida, la exposición a

toxinas, cambios climáticos, agentes infecciosos, defectos congénitos o inherentes o una combinación de estos factores (Wobeser 1997).

Los siguientes son tres importantes conceptos epidemiológicos de enfermedad que debemos recordar:

1. Una enfermedad nunca ocurre de forma aleatoria.
2. Todas las enfermedades son multifactoriales.
3. La enfermedad es siempre el resultado de una interacción entre tres factores principales: el agente patógeno, el hospedador y el medio ambiente (Fig. 2).

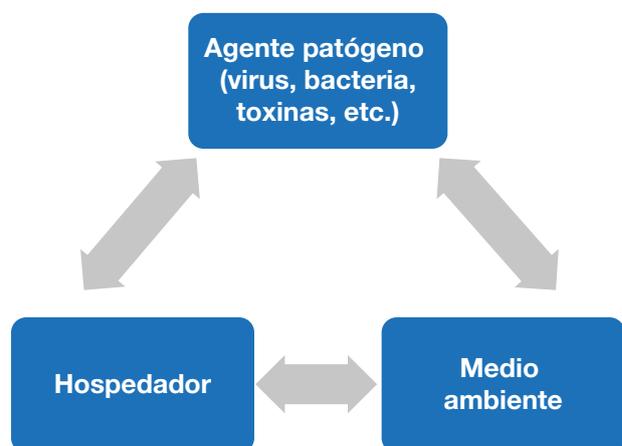


Fig. 2
Interacción entre el agente patógeno, el hospedador y el medio ambiente

Los microorganismos infecciosos forman parte del *ecosistema* y la enfermedad desempeña un papel importante en el mantenimiento de la salud genética de las poblaciones y en la regulación del número de individuos (Smith *et al.* 2009). Sin embargo, en un medio ambiente muy alterado, donde hayan tenido lugar cambios importantes y relativamente permanentes respecto a los estados ecológicos previos, la enfermedad puede poner en peligro la supervivencia de toda una población.

¹ Los términos «posibilidad» y «probabilidad» se pueden usar de manera indistinta. Se tiende a utilizar «probabilidad» para hacer referencia a un riesgo cuantificado y «posibilidad» cuando el riesgo se ha valorado de forma cualitativa. No obstante, ambos son correctos.

● Causas e impactos de la enfermedad

Dado que en el medio ambiente suele haber microorganismos («agentes») infecciosos, si se producen fenómenos medioambientales (naturales o artificiales) graves que alteren el equilibrio entre agente, hospedador y medio ambiente, pueden provocar la introducción, diseminación o manifestación de enfermedades en una población específica. A continuación se exponen algunos ejemplos.

1. Interacciones entre el hombre y la fauna silvestre

Las interacciones entre el hombre y la *fauna silvestre* pueden tener lugar a través de la caza, la cosecha, la construcción de carreteras, las modificaciones del hábitat, el ecoturismo, los desplazamientos de animales, incluido el comercio de animales o partes de animales, o la contaminación (p. ej., por contaminantes orgánicos, metales pesados, toxinas, fármacos, aguas residuales, derrame de crudo, etc.). En el Recuadro 3 se relaciona un ejemplo.

Recuadro 3: Las pruebas de embarazo de las mujeres han contribuido al declive global de la población de anfibios

En 1934 se observó que la inyección de orina de mujeres gestantes a la rana de uñas africana (*Xenopus laevis*) estimulaba la ovulación, de tal forma que este animal empezó a utilizarse en la prueba de embarazo de las mujeres.

Como consecuencia, se envió un gran número de ranas de esta especie a centros de diagnóstico e investigación de todo el mundo.

Desde entonces, se ha comprobado que la rana de uñas africana es portadora del hongo quitrido de los anfibios *Batrachochytrium dendrobatidis*, pero que no suele desarrollar la enfermedad.

Posteriormente, la extinción masiva de anfibios en múltiples regiones geográficas se ha asociado a la diseminación de la enfermedad (quitridiomicosis) que causa este hongo.

La liberación accidental o deliberada de ranas del género *Xenopus* infectadas es uno de los mecanismos que se supone que causan la diseminación de este agente patógeno. En un estudio retrospectivo se observó que el hongo se introdujo en Mallorca debido a la liberación de ferrerets o sapillos baleares (*Alytes muletensis*) criados en cautiverio que habían estado en contacto con *Xenopus gilli*, una rana en peligro de extinción nativa de Cabo Occidental, Sudáfrica, infectada por el quitrido.

Referencias: Weldon et al. 2004; Skerratt 2007; Walker et al. 2008

2. Interacciones entre el ganado y la fauna silvestre

Pueden producirse interacciones entre el ganado (vacuno, ovino, porcino, etc.) y la *fauna silvestre* por contacto directo o indirecto, construcción de cercas, uso de pesticidas o uso de fármacos veterinarios (Recuadro 4).

Recuadro 4: Aliviar el dolor al ganado bovino incrementó el riesgo de rabia humana

El diclofenaco (un antiinflamatorio no esteroideo) se ha utilizado como analgésico para vacas en la India, Pakistán y Nepal, donde estos animales se dejan morir de forma natural por respeto a las creencias hindúes.

La carroña de las vacas en descomposición al aire libre es devorada por buitres.

Se ha observado que los niveles de residuos de diclofenaco en los tejidos de las vacas muertas tratadas son muy tóxicos para los buitres, y que en algunas especies de estas aves la mortalidad supera el 99%.

El descenso en la población de buitres ha favorecido el incremento de manadas de perros asilvestrados portadores del virus de la rabia que se alimentan de la carroña de las vacas muertas.

El número de casos de rabia humana debidos a mordeduras de perros ha aumentado.

Referencias: Oaks et al. 2004; Sharp 2006; Markandya et al. 2008; véase también el Apéndice 7 (pág. 130) de este Manual

3. Gestión de la fauna silvestre

La gestión de la *fauna silvestre* puede incluir desplazamientos, reintroducciones, tratamientos veterinarios, *vacunaciones* o vallado (p. ej., para la creación de reservas de *fauna silvestre*). Véase el Recuadro 5.

Recuadro 5: La propagación de la plaga del cangrejo de río debida a la gestión de las piscifactorías

Los cangrejos señal (*Pacifastacus leniusculus*) sanos son portadores del hongo *Aphanomyces astaci*.

En los años 70, se translocaron y liberaron a piscifactorías europeas cangrejos de esta especie aparentemente sanos.

El cangrejo de río europeo (*Austropotamobius pallipes*) no tenía inmunidad frente al hongo, lo que provocó en estos animales, que previamente no habían estado expuestos, la «plaga del cangrejo de río», que generó una gran mortalidad.

En Gran Bretaña, desde 1970 han desaparecido o se encuentran en peligro las poblaciones de cangrejo de río del 88,6% de los lugares donde habitaban, debido a la plaga del cangrejo de río, a la invasión del hábitat por parte del cangrejo señal o a la contaminación.

Referencias: Holdich and Reeve 1991; Alderman 1996; Daszak et al. 2000

4. Fenómenos climatológicos

Los fenómenos climatológicos que pueden estar relacionados con la aparición de enfermedades en la *fauna silvestre* son el cambio climático, fenómenos como El Niño o La Niña, los incendios, las inundaciones o las sequías (Recuadro 6).

Recuadro 6:
Ejemplos de diseminación de enfermedades asociada a fenómenos climatológicos

1. Impacto del cambio climático en parásitos del ganado ovino en Irlanda del Norte

Los resultados de este [estudio de 10 años]... revelaron cambios en la abundancia estacional y el momento de aparición de parásitos a lo largo del año, probablemente debido a un efecto del clima, y en concreto, a un incremento de tricostrongilosis/teladorsagiosis y de estrongiloidosis en el sur y el oeste de la región.

Referencia: McMahon et al. 2012

2. Mosquito de la malaria y fenómeno El Niño

En 1983, Ecuador, Perú y Bolivia sufrieron una grave epidemia de malaria tras las lluvias torrenciales de El Niño. En Ecuador, esta epidemia se exacerbó por el desplazamiento de la población ocasionado por las inundaciones.

Referencia: Organización Mundial de la Salud, 2000

3. Enfermedades de las plantas favorecidas por la sequía

La sequía reduce la eliminación de residuos de las plantas. Esto significa que la carga de algunos agentes patógenos no se reduce de la forma esperada y que pueden persistir durante más de una estación. Los beneficios esperados de la rotación de cultivos podrían no observarse.

El número de bacterias disminuye mucho en la tierra seca. Algunas bacterias son importantes antagonistas de enfermedades fúngicas que crecen en el suelo. Estas enfermedades pueden ser incluso más graves tras una sequía.

Referencia: Murray et al. 2006

de la reproducción, cambios sutiles en el comportamiento que pueden hacer a los individuos más propensos a la depredación o a los accidentes, o una disminución de la tasa de crecimiento (Wobeser 2006).

Como se ilustra en la Figura 3, las enfermedades que afectan a un gran número de individuos pueden ocasionar efectos adversos en la población. Estos efectos pueden estar relacionados con múltiples factores, como cambios en las tasas de natalidad o de mortalidad, la inmigración o la emigración. El efecto que la enfermedad ejerce en la población puede generar, a su vez, efectos a nivel de *ecosistemas* a través de alteraciones de la composición de la comunidad (competidores, predadores, presas), de la productividad y de la estabilidad (Tompkins et al. 2011).

Los ejemplos de los Recuadros 3 a 6 ilustran que, en ocasiones, los efectos menos visibles y más duraderos de las enfermedades en los individuos o las poblaciones pueden acarrear un profundo impacto. Por ello, esos posibles impactos deben tenerse en cuenta en los ARE de la *fauna silvestre*.

● **Objetividad**

A menudo se dice que el *análisis del riesgo* es un proceso «objetivo». La realidad es que en el *análisis del riesgo* de enfermedad, en ocasiones se dispone de muy poca información, por lo que los analistas, sin darse cuenta, van sustituyendo hechos por juicios de valor. De hecho, al evaluar

Las consecuencias de la introducción o transmisión de agentes patógenos a nivel del individuo pueden ser muy obvias (p. ej., *signos clínicos* manifiestos o muerte), o bien pueden ser más sutiles, como una reducción de la función inmunitaria, alteraciones

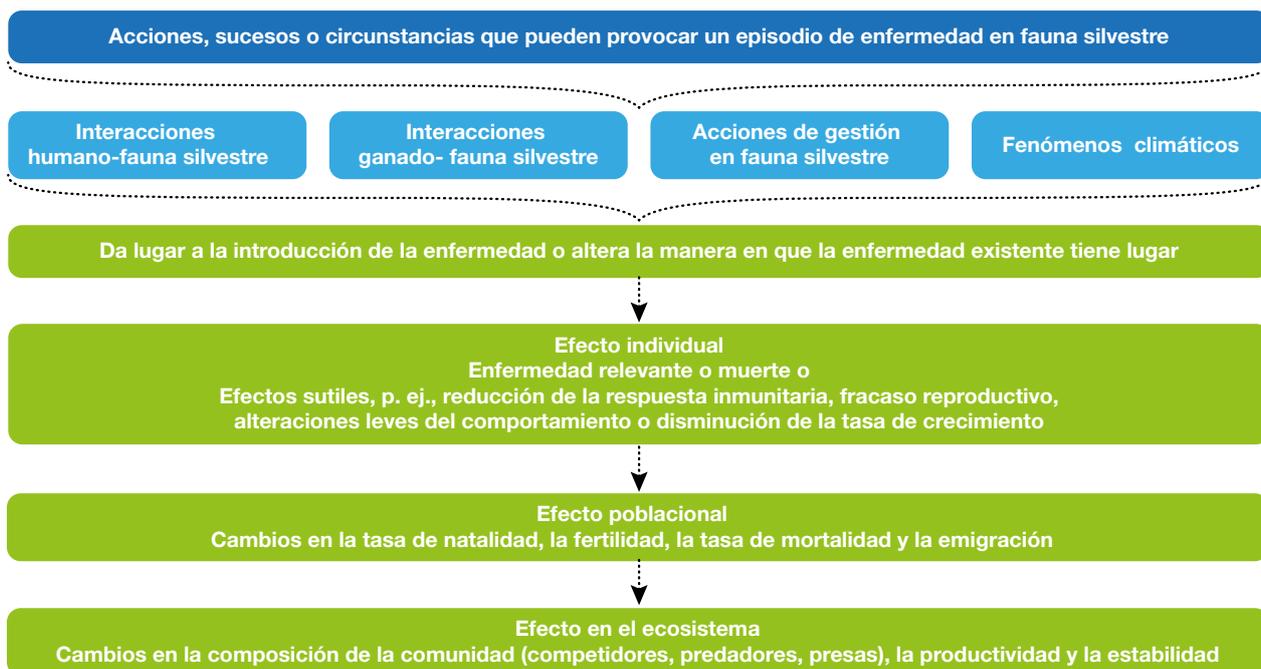


Fig. 3
Posibles causas de la introducción de una enfermedad y sus consecuencias

las consecuencias de la introducción de una enfermedad es prácticamente inevitable cierto grado de subjetividad. Los *análisis del riesgo* pocas veces son verdaderamente *objetivos* y, por esta razón, es fundamental proceder con *transparencia* exponiendo todos los supuestos realizados (MacDiarmid 2001).

● Proporcionalidad

Las acciones que se emprendan para prevenir o minimizar el riesgo de enfermedad en las poblaciones de *fauna silvestre* o en la conservación de la biodiversidad deben ser proporcionales a las consecuencias que podría originar la enfermedad. Por ejemplo, en un *análisis del riesgo* se puede concluir que hay una alta probabilidad de introducir un agente patógeno en particular tras la introducción de animales en una zona determinada. Sin embargo, si en la misma zona se producen otros desplazamientos incontrolados de animales, de personas o de sus bienes, la aplicación de las medidas de mitigación del riesgo frente a dicha introducción de animales podría no estar justificada.

Worthington y MacDiarmid (2011) resaltaron la importancia del factor proporcionalidad en el *análisis del riesgo* de enfermedad cuando se importan primates no humanos a un zoológico. Pusieron el ejemplo de una situación con cierta probabilidad de que un primate importado sea portador de un *agente patógeno* que pueda ser igualmente vehiculado por personas. No estaría justificado imponer medidas estrictas a la importación de unos pocos primates si no existen medidas preventivas sólidas aplicables a los cientos de miles de personas que entran en el país cada año. En esta situación, la imposición de medidas de mitigación del riesgo a la importación de primates no contribuiría en absoluto a reducir el riesgo de bioseguridad del país que los recibe. (Sin embargo, el zoológico receptor sí puede plantear medidas para reducir el riesgo en el resto de animales del parque).

● Riesgo aceptable

La *comunicación acerca del riesgo* es esencial para ayudar a los encargados de tomar las decisiones a lidiar con una de las dificultades más importantes del *análisis del riesgo*: determinar lo que es un «riesgo aceptable» (MacDiarmid y Pharo 2003).

La ausencia total de riesgo es extremadamente infrecuente, si es que existe, y cierto grado de riesgo es inevitable. Por esta razón, el hecho de que un riesgo en particular sea aceptable o no es algo que se decide a nivel social o político, ya que los beneficios de una actividad en particular para un determinado grupo interesado pueden tener consecuencias

adversas para otro (MacDiarmid y Pharo 2003; Thrusfield 2007).

Por ejemplo, cuando se analiza el riesgo de enfermedad que la construcción de una carretera supone para un *ecosistema* sin expoliar, los riesgos que el departamento gubernamental responsable de los aspectos económicos considerará aceptables podrían resultar inaceptables para el departamento encargado de la conservación de la *fauna silvestre*.

De forma similar, los riesgos de enfermedad ocasionados por la reubicación de animales silvestres en reservas para la conservación pueden ser aceptable para los ecólogos preocupados por el mantenimiento de una población genéticamente diversa de especies en peligro, pero pueden resultar inaceptables para los ganaderos y propietarios de la zona que se preocupan de la sanidad de su ganado.

Un ejemplo de riesgo de enfermedad aceptable puede ser la translocación de kiwis parasitados por una pequeña carga de coccidios intestinales siempre que otros parámetros indicadores de sanidad (p. ej., la condición corporal, el comportamiento, el hemograma, etc.) se encuentren dentro de los rangos considerados correctos para la especie.

● El «principio de cautela»

En situaciones en las que existe una *incertidumbre* científica significativa con respecto a un riesgo y sus consecuencias, como por ejemplo, una relación causa - efecto que no esté completamente definida, debe aplicarse el «principio de cautela». Este principio sostiene que la implantación de medidas preventivas puede estar justificada incluso en ausencia del supuesto riesgo. Esta cautela tiene un efecto protector útil como primera respuesta frente a una posible amenaza y puede constituir una respuesta apropiada frente a problemas complejos, como la pérdida de biodiversidad, en los que un *análisis del riesgo* más formal puede no resultar adecuado (Thrusfield 2007).

● Supuestos

Las *evaluaciones del riesgo* pueden criticarse si algunos de los resultados analizados están basados en supuestos. Sin embargo, cualquier toma de decisiones se basa en supuestos, y la presencia de *incertidumbre* y de subjetividad no implica que no se puedan extraerse conclusiones. Aunque muchos de los elementos que se tienen en cuenta al realizar una *evaluación del riesgo* están afectados por la *incertidumbre*, se debe confiar en que es improbable que «el riesgo real» sea superior al que se calcule con un *análisis del riesgo* minucioso y conservador (MacDiarmid 2001).

Análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre: planificación y desarrollo

R.M. Jakob-Hoff, T. Grillo, A. Reiss, S.C. MacDiarmid, C. Lees, H. Hodgkin, K. McInnes, S. Unwin y R. Barraclough

● Colaboración

Para llevar a cabo un *análisis robusto del riesgo* en lo relativo a las enfermedades de la *fauna silvestre*, no suele bastar con una sola persona sino que es más habitual que se precise una colaboración.

Cuando se encarga un *análisis del riesgo de enfermedad (ARE) en fauna silvestre*, ya sea a un responsable de la conservación, a un veterinario o a un médico del ámbito de la salud pública, los plazos suelen ser muy cortos y se dispone de muy poca información relevante. Sin embargo, incluso en esta situación es recomendable consultar y pedir información a personas clave con conocimientos y experiencia en el tema o responsabilidad en la toma de decisiones.

En una situación «ideal», al final del desarrollo de un ARE debe realizarse al menos un taller bien preparado y financiado en la cual se dé cita durante uno o más días a un grupo de expertos, partes interesadas y encargados de la toma de decisiones para llevar a cabo una revisión estructurada y un análisis de la situación. Es posible que este grupo solo se reúna en una ocasión, pero también tiene que mantener una comunicación fluida antes y después de dicho taller. En la Tabla I se proporciona una lista de las ventajas y los inconvenientes de trabajar en grupo e individualmente al realizar un ARE

en *fauna silvestre*. En el Apéndice 5 (pág. 122) se ofrece más información sobre la planificación de un taller y la creación y mantenimiento de un grupo de trabajo para un ARE.

● Consideraciones técnicas, sociales y políticas

Este *Manual* se ha redactado con la intención de capacitar a cualquier persona a la que se le haya encargado la realización de un ARE en *fauna silvestre*, o bien la implementación de las recomendaciones extraídas de un ARE, para que pueda hacerlo con la confianza de estar empleando la «mejor práctica» posible dentro de sus posibilidades y circunstancias. Esto incluye la aplicación de rigor científico y de las herramientas y tecnología disponibles más apropiadas. Sin embargo, el empleo de la mejor ciencia disponible no garantiza que los hallazgos del ARE en *fauna silvestre* vayan a transformarse en acciones en el «mundo real». Tener en cuenta los aspectos técnicos, sociales y políticos del supuesto ARE y aplicar una estrategia de *comunicación acerca del riesgo* desde el principio facilitará la implementación de las recomendaciones obtenidas a partir del *análisis del riesgo* y garantizará que el tiempo y esfuerzo invertidos hayan valido la pena.

Tabla I
Ventajas e inconvenientes del trabajo individual frente al trabajo en grupo durante la realización de un análisis del riesgo de enfermedad (ARE) en fauna silvestre

ARE individual		ARE en grupo	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> – Favorece la rapidez en la toma de decisiones – Económico – No hay conflictos – Relativamente poco esfuerzo 	<ul style="list-style-type: none"> – Prejuicios individuales – Limitación de conocimientos y habilidades – Más propenso a errores – Menos probable recibir apoyo de los responsables de la toma de decisiones – Puede alejar otras partes interesadas no consultadas 	<ul style="list-style-type: none"> – Menos influido por los prejuicios individuales – Mayor conocimiento del problema – Más conocimientos y habilidades – Menos propenso a errores – Más probable lograr el apoyo de las partes interesadas y los responsables de la toma de decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> – Más lento – Puede resultar más costoso – Puede dar lugar a algunos conflictos – Implica un esfuerzo considerablemente mayor

Técnicamente, los datos referentes a las poblaciones de *fauna silvestre* son muy escasos o sencillamente no existen. A menudo, esta información no se encuentra publicada sino que suele hallarse en los archivos personales o en la propia experiencia de ciertas personas. Para escoger y utilizar las herramientas más apropiadas para el ARE, así como para interpretar los resultados, puede ser necesario recurrir a expertos en el tema. Por lo tanto, incluir en la lista de colaboradores personas con conocimientos relevantes y experiencia ayudará a asegurar que el ARE en *fauna silvestre* sea tan técnicamente robusto como las circunstancias lo permitan.

Socialmente, las enfermedades de la *fauna silvestre* y su manejo pueden afectar a una gran variedad de personas con preocupaciones muy diversas y, en ocasiones, incompatibles. Estas «partes interesadas» pueden influir de forma considerable en capacidad de desarrollar un *análisis del riesgo* sólido o en la implementación de las recomendaciones que se realicen a partir del mismo. Es evidente que cada individuo o grupo puede tener distintas preocupaciones, intereses y niveles de conocimiento sobre el tema tratado. Sin embargo, como ya apunaron Westley y Vredenburg (1997) y Brückner *et al.* (2010) las partes interesadas que hayan intervenido desde el principio en la toma de decisiones están más predispuestas a aceptar los resultados y a involucrarse en la implementación de las actividades propuestas.

Políticamente, las recomendaciones del ARE tienen que convencer a aquellas personas con cierto poder político o con la suficiente autoridad en la toma de decisiones, especialmente cuando se requieren cambios en actividades sociales (p. ej., restringir el acceso a zonas a las que antes estaba permitido, cambios en prácticas ganaderas, etc.) o cuando se requiere un compromiso en cuanto a los recursos. Por ello, es importante saber qué factores políticos están en juego y el apoyo que se necesita. En el proceso de *comunicación acerca del riesgo* del ARE se debe incluir a responsables clave en la toma de decisiones para que puedan tomar decisiones informadas y garantizar así el éxito del ARE.

● Algunos retos del análisis del riesgo de enfermedad en animales silvestres

Antes de proceder a la realización de un ARE en *fauna silvestre*, es importante ser consciente de los retos que supone el análisis de las situaciones relacionadas con los riesgos de enfermedad en los animales silvestres.

Complejidad: existen múltiples variables que influyen en la introducción, establecimiento y propagación de los agentes etiológicos dentro de una población o entre poblaciones de una o más especies. El sistema de colaboración *interdisciplinario* recomendado en este *Manual* es una de las formas de afrontar este reto. A partir de una estrategia en la cual el ARE incluya un programa de seguimiento, revisión e implementación de sus hallazgos, se contribuirá a asegurar que se reciba e incluya información nueva en la base de datos para ampliar los conocimientos y, con el tiempo, perfeccionar la toma de decisiones.

Incertidumbre: como en la mayoría de situaciones complejas, cuando se trata de enfermedades de la *fauna silvestre* no se dispone de toda la información necesaria. Ya se ha mencionado que lo más habitual es que existan muy pocos datos. Por ello, la técnica más utilizada es el análisis cualitativo. Una revisión exhaustiva de la bibliografía existente sobre el tema, el uso de herramientas analíticas para la toma de decisiones adecuadas (como las propuestas en este *Manual*) y la recopilación minuciosa de las limitaciones y supuestos permiten optimizar el uso de la información disponible, detectar lagunas importantes en las que basar futuros estudios y establecer un nivel de *incertidumbre* que los responsables de la toma de decisiones deberán tener en cuenta.

Múltiples partes interesadas: como ya se ha comentado, siempre existirán grupos de personas y organizaciones con intereses diferentes, y a menudo contradictorios, en lo referente a las enfermedades de la *fauna silvestre*. Hallar personas clave y establecer un plan de comunicación adecuado ayudará a evitar conflictos y a asegurar que hayan participado en el estudio los mejores expertos.

Terminología interdisciplinaria: debido a la colaboración entre personas de diferentes colectivos y disciplinas (p. ej., veterinaria, ecología, *análisis del riesgo*, etc...) será inevitable que surjan diferentes interpretaciones de la terminología empleada. Incluimos en este *Manual* un glosario con los términos técnicos más utilizados en el ARE en la *fauna silvestre* para contribuir a la coherencia lingüística y a evitar malentendidos.

Recursos: tiempo, dinero, material, personal y competencias específicas en el *análisis del riesgo* de enfermedad (ARE) en *fauna silvestre* son algunos de los recursos que suelen escasear. El proceso sistemático que se describe en este *Manual* está diseñado para que una sola persona con ciertos conocimientos sobre la gestión de la *fauna silvestre* y el acceso a los datos y a la competencia necesarios pueda llevar a cabo un ARE básico en *fauna silvestre*. Sin embargo, en las situaciones en las

que el efecto de la *transmisión* de esa enfermedad es grave (p. ej., una amenaza para la viabilidad de especies en peligro de extinción) o cuando el efecto es de gran interés público (p. ej., cuando afecta a la salud humana o a la economía) es más recomendable trabajar en colaboración con otras personas o entidades. Ello dará lugar a un ARE más *robusto* y resistente a la crítica general.

● El proceso de análisis del riesgo

A continuación, en la Figura 4 se muestra un resumen del proceso sistemático de ARE que se describe en este *Manual*. Para facilitar la consulta, este gráfico también se encuentra al principio del libro. Cuando se aplica en la secuencia establecida, se observa que cada paso y sus correspondientes pasos secundarios se basan en el trabajo realizado en el paso anterior.

Sin embargo, la información de pasos más tardíos puede hacernos retroceder y revisar supuestos o cuestiones de alguno de los pasos previos. Por ello, siempre es necesario tener en mente una imagen completa del problema y comprender el contexto que lo rodea. A continuación, se muestra una descripción detallada de cada paso del proceso.

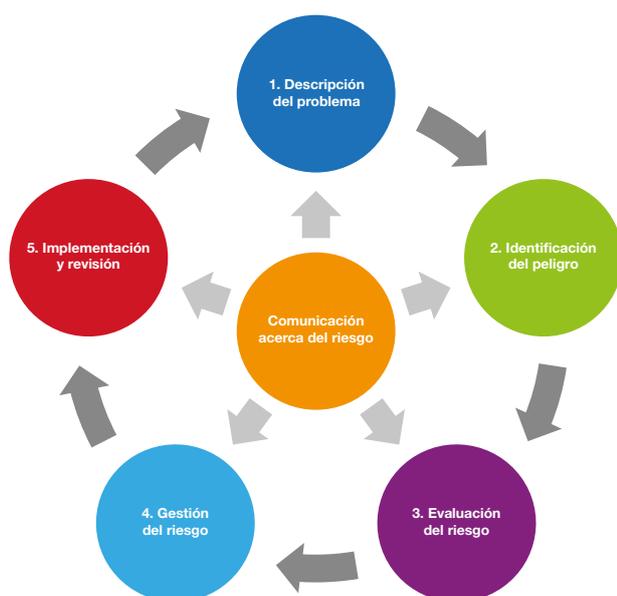


Fig. 4
Pasos del proceso de Análisis del Riesgo de Enfermedad (ARE)

● Comunicación acerca del riesgo

En el paso de la comunicación acerca del riesgo se plantean las siguientes preguntas: «¿Quién está interesado?, ¿Quién tiene determinados conocimientos sobre algo en concreto? y ¿Quién puede influir en la puesta en marcha de las recomendaciones obtenidas a partir de un ARE?»

La *comunicación acerca del riesgo* consiste en la comunicación continua entre expertos y personas o grupos interesados y, tal y como se refleja en la Figura 4, está presente en todo el proceso del ARE. El objetivo es poner en contacto a personas con algún interés en el asunto con los expertos encargados del *análisis del riesgo* para optimizar la calidad del análisis y aumentar la posibilidad de implementar las recomendaciones obtenidas con el proceso. También es fundamental establecer el nivel de riesgo aceptable para las partes interesadas (véase «Descripción del problema», pág. 27).

Herramientas útiles

- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Modelos gráficos, pág. 65
- Árbol de decisiones, pág. 68
- Diagramas de influencias, pág. 70
- Árbol de fallos, pág. 73
- Árbol de situaciones, pág. 74
- Sistemas de información geográfica, pág. 80
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81
- Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo, pág. 98

Para que la comunicación sea efectiva es necesario emitir y recibir el mensaje. Los mensajes recibidos están influidos no solo por su contenido, sino por la forma de emisión y de recepción. Aunque queda fuera del objetivo de este *Manual* realizar una revisión de la teoría y los métodos que se aplican para lograr una comunicación efectiva, es recomendable estar familiarizado con este tema. Una lectura recomendable para profundizar más en el tema es Jacobson (2009), *Communication Skills for Conservation Professionals*.

Localización de expertos y partes interesadas

El primer paso para desarrollar una estrategia de *comunicación acerca del riesgo* es localizar las partes personas interesadas, los expertos y los responsables de la toma de decisiones relacionados con los temas en cuestión.

Tabla II
Lista de partes interesadas y expertos para un taller de análisis del riesgo de enfermedad en el diablo de Tasmania, Hobart, 2008

Grupos de partes interesadas y organizaciones representadas	Participantes expertos en enfermedades de fauna silvestre
<p>Investigadores Facultad de Zoología, Universidad de Tasmania Macquarie University</p> <p>Reproducción en cautiverio Sociedad para la Conservación Taronga, Australia (TCSA) Latitude 42 Environmental Consultants Pty Ltd. East Coast Natureworld Parque de Vida Silvestre Trowunna Asociación Regional de Parques Zoológicos y Acuarios de Australasia (ARAZPA) Santuario Healesville Parque Australiano de Reptiles</p> <p>Comunidades indígenas Consejo Aborigen de Tierra y Mares de Tasmania (TALSC)</p> <p>Departamentos gubernamentales Oficina del Ministerio de Industrias Primarias y Recursos Hídricos de Departamento de Industrias Primarias y Recursos Hídricos (DPIW) Departamento de Medio Ambiente, Agua, Patrimonio y Artes (DEHA) Rama de Reserva y Conservación de Fauna Silvestre (DECC) Sección de Conservación de Fauna Silvestre y Vida Marina (DPIW)</p> <p>Agencias de financiamiento Fundación para las Especies Amenazadas de Australia (Foundation for Australia's Most Endangered Species Inc.)</p> <p>Medios: locales y nacionales</p>	<p>Citogenetistas</p> <p>Especialista en genética de la conservación</p> <p>Veterinario Oficial del Estado de Tasmania</p> <p>Veterinario patólogo especializado en fauna silvestre</p> <p>Veterinario inmunólogo</p> <p>Veterinarios de campo del Programa para salvar al Diablo de Tasmania</p> <p>Representantes del Comité de Dirección del «Programa para salvar al Diablo de Tasmania» y la Red Australiana de Salud de la Fauna Silvestre</p>

Se pueden hallar respondiendo a las siguientes preguntas: «¿Quién está interesado en el tema del ARE?, ¿Quién tiene conocimientos relacionados con el tema del ARE? y ¿Quién puede influir en el apoyo u obstrucción a las recomendaciones que se obtengan del análisis?». Cuando exista una adecuada comunicación entre los expertos y las partes interesadas, será más probable que se comparta información y que se transmitan mensajes que de otra forma nunca llegarían. Todos los ARE en *fauna silvestre* atraen el interés de determinados grupos de población, lo cual determinará que el análisis lo realice una única persona o un grupo. A modo de ejemplo, en la Tabla II se muestra una lista de partes interesadas y expertos para un ARE en el diablo de Tasmania. A pesar de que no siempre es posible incluir un gran número de expertos e interesados en el tema, todos los que puedan ayudar o puedan resultar afectados por los resultados deben incluirse en el informe del ARE y en las recomendaciones derivadas, y de forma adecuada para el público lector.

Plan y estrategia de comunicación

Tras la identificación de las partes interesadas y de los expertos, es necesario establecer una

estrategia y un plan de comunicación adecuados (véase el ejemplo de la Tabla III). Dicho plan es una herramienta adecuada para visualizar los posibles problemas de comunicación que surgen en cualquier ARE en *fauna silvestre*. Es importante aplicarlo al principio de cada *análisis del riesgo* y actualizarlo cada vez que sea necesario a medida que avance el análisis.

El plan de comunicación se elabora consultando a las partes interesadas y a los expertos, y debe incluir la información que los diferentes grupos puedan aportar al proyecto, la información que ellos desean recibir y la frecuencia y la forma de entrega.

En la Tabla III se presenta un ejemplo de plan de comunicación del mismo ARE en diablo de Tasmania. Una vez terminada la lista de interesados, se pueden añadir los nombres de cada persona y sus contactos.

Protocolos de comunicación

Para que un protocolo de comunicación resulte adecuado, debe incluir agradecimientos a los colaboradores y a las fuentes de información que hayan contribuido al *análisis del riesgo* y respetar las

Tabla III
Extracto de un plan de comunicación del análisis del riesgo de enfermedad en diablos de Tasmania, Hobart, 2008

Función del grupo	Interesados/expertos	Información necesaria	Métodos de comunicación	Cuándo	Responsabilidad
Operacional/ implementación	Directores de instituciones donde se alojen diablos de Tasmania en cautividad, p. ej., parques de fauna silvestre	Protocolo de bioseguridad/requisitos para el desplazamiento de animales. Detalles del desplazamiento de individuos Programación de los desplazamientos	Personal directo (email, teléfono, fax, etc.)	Durante la mayor parte del tiempo de preparación	Un coordinador para cada desplazamiento
	Veterinarios relacionados con el cuidado y salud de esta especie	Lo anterior y: – Pruebas de diagnóstico específicas requeridas – Historias clínicas	Personal directo (email, teléfono, fax, etc.)	Dos semanas antes del desplazamiento	Como arriba
Gobernanza	Comité de Dirección	Reglamentar la información sobre: protocolos, planes, informes de implementación/actualización, problemas	Comunicación formal al comité	A intervalos de tres meses	Coordinador de la protección de la población
Conformidad, auditoría y seguimiento	Jefe de los Servicios Veterinarios, Servicio de Cuarentena de Tasmania, Servicio de Inspección Cuarentenaria Australiano	Protocolos Desplazamientos Problemas de bioseguridad Informes de incumplimientos	Personal directo (email, teléfono, fax, etc.) (facilitados junto con los protocolos de translocación y bioseguridad)	Aconsejable en el momento del desplazamiento	Equipo de planificación Un coordinador para cada desplazamiento
Público	Medios de comunicación (prensa, radio, televisión)	La información debe ser accesible para que el público pueda saber cómo minimizar el impacto Información general sobre estrategias de conservación: – Formas de prevenir la propagación de la enfermedad – Punto de información	Vía enlace oficial con los medios Notas de prensa El sitio web "Save the Tasmanian Devil" (parte pública) Boletín	Antes de sucesos/desplazamientos relevantes que puedan afectar al público	Funcionario responsable de prensa del Departamento de Industrias Primarias y Recursos Hídricos

leyes de protección de datos y propiedad intelectual. El método de comunicación debe estar siempre adaptado al tipo de público al que se dirige el ARE. Si dicho público está formado por personas de diferentes culturas o disciplinas, debe evitarse en la medida de lo posible el uso de terminología técnica, y en los casos en los que estos términos sean inevitables, su significado debe explicarse en un lenguaje no técnico.

Como ya se ha apuntado con anterioridad, el significado de los mensajes recibidos está influido tanto por el contenido de los mismos como por la forma de expresarlos. Lo que está muy claro para unas personas puede ser confuso para otras. Los malentendidos pueden evitarse estableciendo desde el principio las formas de comunicación que mejor se adapten a cada persona u organización, así como a sus particulares necesidades o intereses. Dichas formas de comunicación pueden consistir en conversaciones cara a cara o telefónicas, actas de reuniones, informes escritos, presentaciones orales, notas de prensa, boletines, correo electrónico, etc.

Lo importante es que exista una comunicación bidireccional. Puede ser interesante realizar encuestas periódicas a las partes interesadas para comprobar si los métodos de comunicación empleados están siendo efectivos o no.

● Descripción del problema

En el paso de la descripción del problema se plantean las siguientes preguntas:

¿Qué pregunta se desea responder con este ARE? y ¿Qué tipo de análisis del riesgo se necesita?

La descripción del problema (en ocasiones conocida como «formulación del problema» o «identificación del problema») resume los antecedentes y el contexto del problema, e identifica el propósito, enfoque y alcance del ARE. Para asegurar la *transparencia* de los procesos, se proponen supuestos y limitaciones y se establecen los límites aceptables de riesgo, teniendo siempre en mente que nunca va a existir una «ausencia total de riesgo».

Herramientas útiles

- HEVE (Herramienta de evaluación del riesgo de enfermedad), pág. 58
- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Modelos gráficos, pág. 65
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81

El plan de *comunicación acerca del riesgo* que se describe arriba se desarrolla de forma simultánea a esta fase del proceso.

Establecer desde un principio los objetivos, el enfoque y el alcance del ARE permitirá mantener estas premisas constantes durante todo el proceso. A la larga, realizar descripciones del problema y ejercicios de identificación de *peligros* de forma separada ayuda a proteger la valoración científica del *riesgo* (los pasos de identificación de *peligros* y *evaluación del riesgo*) de posibles influencias sociales o políticas que puedan aparecer a lo largo del análisis. (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. 1998).

No existe demasiado consenso entre los diferentes autores con respecto al momento del proceso en el que debe terminar la descripción del problema (Power y McCarty 2002). En ocasiones, la descripción del problema se incluye en los primeros pasos del *análisis del riesgo*, junto con la identificación de *peligros* (p. ej., Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. 1998), mientras que otras veces es un paso previo al inicio del *análisis del riesgo* (p. ej., Administración de Medicamentos y Alimentos de EE.UU. 2002). A los efectos de este *Manual*, la descripción del problema va a constituir el primer paso del ARE (Fig. 4, pág. 25).

En todo caso, tanto si las soluciones son fáciles de comprender o aplicar como si no, la reducción del riesgo de enfermedad en la *fauna silvestre* es un problema político al que deben enfrentarse los encargados de tomar las decisiones. Poner los problemas en contexto y describirlos y organizarlos de forma lógica ayudará a determinar si el ARE contribuirá o no a la toma final de decisiones. La descripción del problema consiste en una descripción lógica del problema político general en la que deben especificarse las preguntas que van a resolverse con el *análisis del riesgo*. En función de la complejidad de los problemas a resolver y de la información disponible, el análisis puede llevarse a cabo en una única reunión o puede requerir la organización de uno o más talleres.

Una vez el problema está descrito, se podrá estimar el nivel de detalle necesario en el ARE. Por ejemplo,

cuando se realiza un ARE para un programa de translocación de *animales silvestres*, se evaluarán en detalle menos peligros cuando no se atraviesen barreras geográficas o ecológicas (Sainsbury *et al.* 2012). En las translocaciones a distancias relativamente cortas se considera que los *peligros* del lugar de partida y del de destino son iguales. (Véase la Herramienta 1 de este *Manual*, un ejemplo sobre cómo actuar en este tipo de decisiones).

Preguntas que ayudan en la descripción del problema

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (1998) plantea las siguientes preguntas; en algunos casos se han adaptado ligeramente al propósito de este *Manual*:

- ¿Cuál es la naturaleza del problema?
- ¿Cuáles son los objetivos y decisiones necesarios en cuanto a la gestión, y de qué forma puede ayudar el *análisis del riesgo*?
- ¿Qué nivel ecológico está afectado (población, comunidad o *ecosistema*)?
- ¿Existe alguna política o reglamentación relacionada?
- ¿Existen precedentes de ARE similares y de decisiones previas?
- ¿Cuáles son los antecedentes culturales y políticos y el contexto actual del problema desde el punto de vista de las partes interesadas?
- ¿Qué recursos (p. ej., personal, tiempo o dinero) son necesarios y de cuáles se dispone?
- ¿Qué nivel de riesgo es aceptable?
- ¿Qué documentación o información existe para definir el grado de conocimiento sobre el problema?

Al responder a estas preguntas es posible que se resalte información que previamente no se haya considerado necesaria. Habitualmente, los ARE se llevan a cabo aun sin contar con toda la información deseable, por lo que resulta inevitable la extrapolación a partir de los datos disponibles. Es importante dejar claro qué tipo y grado de *incertidumbre* puede surgir teniendo en cuenta los datos y recursos disponibles. Los siguientes pasos del ARE pueden ayudar a identificar la información que faltaba o a aclarar conceptos y, por lo tanto, a determinar las futuras líneas de investigación. Los dos ejemplos siguientes de descripción del problema en un ARE sirven para ilustrar de qué forma se emplean estos conceptos en un ARE real en *fauna silvestre*.

Ejemplo 1 de descripción del problema: Análisis del riesgo de tuberculosis en un proyecto de reintroducción de orangutanes (*Pongo pygmaeus*).

Basado en un ARE propuesto por Fransiska Sulisty y Rosalie Dench, Fundación para la Supervivencia del Orangután de Borneo en Nyaru Menteng

Debe tenerse en cuenta que tanto este como otros ejemplos son específicos del lugar y circunstancias descritas y que pueden no ser válidos para otros lugares o situaciones.

Contexto

El programa de reintroducción de orangutanes de Kalimantan Central de la Fundación para la Supervivencia del Orangután de Borneo en Nyaru Menteng (CKORP-NM BOSF) es responsable del cuidado de más de 600 orangutanes del centro. En la actualidad, cuentan con 14 orangutanes considerados portadores no clínicos de la bacteria causante de la tuberculosis, *Mycobacterium tuberculosis* (lo cual equivale a un 2,3% de los animales que se mantienen en el centro). Estos animales se mantienen en una instalación aislada, pero los técnicos (cuidadores) que se encargan de ellos se encargan también del resto de animales por que los recursos del centro no son suficientes para pagar a cuidadores específicos para los orangutanes infectados.

La tuberculosis es una *enfermedad contagiosa* que puede causar graves problemas de sanidad en los primates, incluidos los seres humanos y los orangutanes, y que se considera *endémica* en la población humana, sobre todo en la región de Palangkaraya, situada en la provincia de Kalimantan Central.

Objetivo del ARE

La pregunta relativa a la evaluación del riesgo es la siguiente: «¿Cuál es el riesgo de transmisión de la tuberculosis entre los orangutanes del centro de reproducción de Nyaru Menteng y en los que viven en las inmediaciones del centro?»

El objetivo de este ARE es establecer un plan para reducir al mínimo el riesgo de transmisión de la tuberculosis a los orangutanes del centro de Nyaru Menteng considerados no infectados y aumentar el grado de confianza en que los orangutanes seleccionados para ser reintroducidos en la naturaleza están libres de tuberculosis.

Alcance y estrategia del ARE

- Identificar las vías de transmisión de la enfermedad a los orangutanes sanos del centro a partir de los animales infectados y de otros mamíferos, posibles portadores del agente patógeno, que vivan en el centro o en los alrededores (orangutanes y otros *animales silvestres*: macacos, roedores, animales domésticos, etc.) incluidos trabajadores y aldeanos.
- Valorar el riesgo relativo de las vías de transmisión de la tuberculosis a los orangutanes no infectados e identificar puntos críticos de control donde aplicar medidas de mitigación del riesgo.
- Evaluar las opciones de mitigación del riesgo y elaborar un plan de aplicación y revisión.

Supuestos

- No hay tuberculosis ni en la población general de orangutanes del centro ni en la población silvestre de orangutanes que vive en las cercanías del centro, y
- no hay tuberculosis en los *animales silvestres* que actúan como *reservorios* en los lugares seleccionados para la reintroducción de orangutanes, y
- la enfermedad puede causar la muerte a los orangutanes.

Limitaciones

- No existe ningún procedimiento estandarizado ni de referencia para el diagnóstico de la tuberculosis en orangutanes. Los métodos de detección o diagnóstico existentes poseen, o bien una baja sensibilidad (en ocasiones, el cultivo sólo detecta un 60% de los animales infectados), o bien una baja especificidad (la prueba de la tuberculina puede dar un 60% de positivos en orangutanes aparentemente sanos y sin ningún tipo de exposición conocida a la tuberculosis [Calle 1999]). No se dispone de recursos para recurrir a técnicas de diagnóstico molecular más avanzadas y, además, estos métodos no se han validado para su uso en orangutanes.
- Se desconoce qué efectos tiene a largo plazo una infección por tuberculosis en los orangutanes.
- Las estrategias de mitigación del riesgo deben asegurar que no se comprometa en ningún caso el bienestar de los orangutanes infectados. Para ello, deben mantenerse en condiciones sanitarias

y deben poder expresar sus comportamientos naturales con un nivel de estimulación suficiente como para preservar su bienestar físico y mental.

- La eutanasia de portadores de *Mycobacterium tuberculosis* que estén clínicamente sanos se considera políticamente inaceptable.

Nivel aceptable de riesgo

La presencia de orangutanes portadores de la tuberculosis pero clínicamente sanos en el centro de reintroducción es un hecho conocido. Sin embargo, dadas las limitaciones en el manejo de los animales, antes descritas, es improbable que esta situación pueda cambiar a corto o medio plazo. Por lo tanto, la presencia continua de un pequeño grupo de orangutanes infectados, que viven en condiciones de aislamiento respecto al resto, se considera un riesgo aceptable.

Ejemplo 2 de descripción del problema: Análisis del riesgo de fiebre aftosa en gacelas de Mongolia (*Procapra gutturosa*) en la estepa oriental de Mongolia

Este ejemplo está basado en el ARE presentado por Enkhtuvshin Shiilegdamba y Amanda Fine, del Programa Nacional Mongol de la *Wildlife Conservation Society* (WCS), Ulan-bator, Mongolia.

Contexto

Las gacelas de Mongolia constituyen uno de los últimos espectáculos migratorios de vida silvestre de Asia, con manadas de más de 1 millón de ejemplares que atraviesan la ecorregión de la estepa de Dauria, situada en la parte oriental de la estepa mongola. La gacela mongola está considerada en peligro de extinción en la Lista Roja de mamíferos de Mongolia (Clark *et al.* 2006) debido a la reducción que se ha producido en las últimas décadas tanto en el número de ejemplares y como en sus áreas de distribución. Las grandes manadas de gacelas de Mongolia son motivo de orgullo para la población local, ya que suponen una fuente de proteína para los cazadores y constituyen un importante reclamo para el ecoturismo de la región (Heffernan 2005). Pero la caza indiscriminada, la pérdida de gran parte del hábitat, los grandes episodios de mortandad por diversas enfermedades y la competencia por los pastos con el ganado doméstico han contribuido al alarmante descenso de su población. Del mismo modo, las recientes inversiones en industria extractiva (petróleo y minerales) han incrementado la presión medioambiental en su área de distribución (Lhagyasuren y Millner-Gulland 1997; Olson 2007; Heiner *et al.* 2011).

Aunque la minería tiene cada vez más peso en la economía mongola, la ganadería sigue siendo la principal fuente económica del país y da empleo a la mayoría de sus habitantes. En la estepa oriental de Mongolia, las gacelas desempeñan un papel muy importante en el ecosistema de pastos, y las instituciones gubernamentales y las organizaciones conservacionistas están muy interesadas en una gestión conjunta del mantenimiento de los pastizales para que puedan ser utilizados tanto por la *fauna silvestre* como por el ganado doméstico (Garratt y Chimed-Ochir 2001; Heffernan 2005; Sociedad para la Conservación de la Fauna Silvestre 2009; Olson *et al.* 2010; Sociedad para la Conservación de la Fauna Silvestre 2010).

Para lograr este objetivo, es necesario resolver problemas como los posibles efectos fragmentadores ocasionados por la presencia de carreteras, vías de tren u otras infraestructuras que se encuentren en la zona. Sin embargo, el objetivo de este caso es gestionar el riesgo de transmisión de enfermedades entre el ganado doméstico y la *fauna silvestre*, y en especial, del virus de la fiebre aftosa (VFA). La fiebre aftosa (FA) constituye uno de los mayores peligros para el ganado y determinadas especies de *fauna silvestre*, como la gacela de Mongolia de la estepa oriental. Se trata de una enfermedad vírica extremadamente contagiosa que afecta a la mayoría de especies de rumiantes y de suidos. Los brotes periódicos de esta región afectan a las poblaciones de gacelas de Mongolia y al ganado que pasta en la zona, como bóvidos, cápridos, óvidos y camélidos.

Entre los años 2000 y 2010, en Mongolia tuvieron lugar al menos 4 brotes de la enfermedad; tres de ellos, causados por el serotipo O y uno, el de 2005, por el serotipo Asia 1. Estos casos formaban parte de una pandemia asiática que afectó a varios países.

La *vigilancia* de las poblaciones de ganado doméstico que se llevó a cabo en 2007 a nivel nacional indicó que la FA no era una enfermedad *endémica* del ganado de Mongolia. La Sociedad para la Conservación de la Fauna Silvestre (WCS) realizó en los años 1998-1999 y 2005-2008 estudios serológicos en la población de gacelas (Bolortseteg *et al.* 2012) y comprobó que esta población, o bien no tenía anticuerpos contra la fiebre aftosa antes de los brotes del ganado (1998-1999), o bien que dichos niveles habían disminuido hasta ser indetectables entre brotes de la enfermedad del ganado doméstico (2005-2008). Sin embargo, durante el brote de FA de 2001, que tuvo lugar en ganado doméstico, un 67% de las 33 gacelas analizadas tenía anticuerpos contra la FA (22/33) (Nyamsuren *et al.* 2006). Aunque el número de

muestras no fue grande, los resultados obtenidos pueden indicar que las gacelas de Mongolia habían estado expuestas al virus durante los brotes de FA en ganado doméstico que tuvieron lugar en la estepa oriental de Mongolia.

La fiebre aftosa podría hacer peligrar la supervivencia de las poblaciones de gacelas de Mongolia. El peligro es tanto directo como indirecto; directo por la morbilidad y mortalidad propia de la enfermedad, e indirecto por las acciones que se tengan que emprender para el control de la fiebre aftosa, que podrían tener un impacto negativo en la especie (Nyamsuren *et al.* 2006; Thomson 2011; Bolortseteg *et al.* 2012). Se ha estudiado a fondo la posibilidad de un sacrificio masivo de gacelas durante los brotes de fiebre aftosa en ganado doméstico, pero nunca se ha llegado a realizar al considerar que los costes, tanto económicos como para la biodiversidad, habrían sido excesivamente altos. Las acciones emprendidas hasta la fecha para afrontar la enfermedad en las gacelas de Mongolia han sido las siguientes:

- separar de las zonas de cuarentena y del ganado las gacelas de las que se sospeche que han contactado con la enfermedad
- sacrificar selectivamente las gacelas en las que se adviertan signos clínicos de la fiebre aftosa (debilidad y cojera).

Organizaciones conservacionistas de Mongolia, tanto locales como nacionales, han solicitado estrategias políticas nacionales basadas en principios científicos para el control de la fiebre aftosa en las que se tenga en cuenta el valor que tiene la conservación de especies como la gacela de Mongolia. Algunas de estas organizaciones son la Sociedad para la Conservación de la Fauna Silvestre (WCS), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), *The Nature Conservancy* (TNC), así como numerosos ciudadanos particulares que han transmitido esta solicitud a través de los medios de comunicación (*Daily News*, 5 de octubre de 2010, pág. 12; *Daily News*, 9 de octubre de 2010, pág. 6; *Udriin Shuudan*, 5 de octubre de 2010, pág. 11; *Unuudur*, 4 de octubre de 2010, pág. C2; *Unuudur*, 11 de octubre de 2010, pág. A6).

La literatura existente y los informes oficiales sobre la fiebre aftosa sugieren que uno de los siete brotes de fiebre aftosa que se produjeron entre 2000 y 2010 pudo haberse iniciado en gacelas de Mongolia, pero que los otros 6 fueron introducidos por otros medios (Thomson 2011). Hasta la fecha, no existen estudios epidemiológicos concluyentes sobre el papel de la *fauna silvestre* como vehículo de transmisión de la fiebre aftosa en Mongolia, por lo que se requiere continuar con su estudio.

Objetivos, alcance y estrategia

La pregunta que se plantea en este ARE es la siguiente: «¿Cuál es el riesgo de que las gacelas de Mongolia faciliten la transmisión del VFA al ganado doméstico de la estepa oriental de Mongolia?»

El objetivo de este ARE, coordinado por la WCS, es elaborar políticas para la estepa oriental de Mongolia de control y gestión de la FA basadas en principios científicos y que contemplen acciones para la conservación de las gacelas de Mongolia.

El alcance va a limitarse al análisis de toda la información disponible, publicada o no, sobre la FA y sobre la biología de poblaciones de las gacelas de Mongolia, teniendo en cuenta los datos aportados tanto por expertos como por las partes interesadas.

Este estudio está enfocado a la sostenibilidad a largo plazo de la coexistencia de poblaciones de gacelas de Mongolia y de ganado doméstico que pasta en la estepa oriental de Mongolia.

Supuestos

- El control de la FA seguirá constituyendo una prioridad máxima para el gobierno mongol dada la importancia que el sector pecuario tiene para la economía nacional y como forma de sustento de la mayoría de los ciudadanos.
- Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en la gestión y el control de la FA en Mongolia seguirá siendo la vigilancia serológica tanto de las gacelas de Mongolia como del ganado doméstico.
- En general, se admite que el VFA llega a las gacelas de Mongolia a partir de brotes en el ganado doméstico, y que dicho ganado puede transmitir, a su vez, el virus al ganado doméstico o a otras especies de *fauna silvestre*, ya que durante los brotes de FA de la estepa oriental se confirmó la exposición de las gacelas a la FA.
- Actualmente, Mongolia se encuentra libre de FA y está aplicando un programa de vacunación contra la FA en el ganado doméstico.

Limitaciones

No se han realizado estudios observacionales de fiebre aftosa en la estepa oriental de Mongolia, ni en las poblaciones de gacelas ni en las de ganado doméstico. Por lo tanto, este ARE debe realizarse en base a los escasos estudios y a los brotes de FA acaecidos en Mongolia. Para este *análisis del riesgo*, deben utilizarse estudios comparables de

poblaciones similares, a la espera de que se realicen futuros estudios en la estepa oriental.

Niveles aceptables de riesgo

Como consecuencia del importante impacto que la FA desencadena en Mongolia a nivel económico, social, de bienestar animal y para la conservación de las especies, la tolerancia de este país a la enfermedad es muy baja. El objetivo del gobierno es conseguir erradicar la fiebre aftosa. (El gobierno mongol ya ha solicitado a la Organización Mundial de Sanidad Animal que conceda el estatus de libre de FA a la región oriental del país, donde no se ha producido ningún caso desde 2002).

● Identificación del peligro

En el paso de la identificación del peligro se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué puede producir enfermedad en la/s población/es de estudio?, ¿Cómo podría producirse? y ¿Qué alcance pueden tener sus consecuencias?

El *peligro* se define como la presencia de un agente biológico, químico o físico en un animal o producto animal, o bien un trastorno de los mismos, con el suficiente potencial como para provocar efectos adversos en su salud.

Al empezar el proceso de identificación del *peligro* es importante tener en cuenta tanto el problema en cuestión como el contexto medioambiental de la población de *fauna silvestre* que se estudia (véase la Fig. 3).

Herramientas útiles

- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Técnica de la comparación por parejas, pág. 63
- Modelos gráficos, pág. 65
- Árbol de decisiones, pág. 68
- Diagramas de influencias, pág. 70
- Árbol de fallos, pág. 73
- Árbol de situaciones, pág. 74
- Cmap, pág. 79
- Sistemas de información geográfica, pág. 80
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81

El propósito de la identificación del *peligro* es detectar todos los *peligros* que puedan afectar a la sanidad. Se establecen criterios para clasificar por orden de importancia cada *peligro* y su posible efecto directo o indirecto sobre el problema objeto de estudio. Se excluyen los *peligros* con una baja o nula probabilidad de liberación o de exposición y se

construye un árbol de decisiones con los *peligros* restantes, de mayor prioridad, que se pueden investigar en mayor profundidad utilizando las herramientas propias de la *evaluación del riesgo* (Harvey *et al.* 1995; Sarnet *et al.* 1998; Armstrong *et al.* 2002; Clancy *et al.* 2009).

En este paso se revisan las publicaciones existentes sobre el tema, así como la información que aún no está publicada, consultando además con expertos reconocidos en la materia.

El paso de «Descripción del problema» puede dar lugar a dos posibles supuestos:

1. Hay un problema ya identificado relacionado específicamente con uno o más *peligros* definidos que las partes interesadas consideran que debe evaluarse (p. ej., un brote de salmonelosis en una población isleña de una especie de aves en peligro de extinción, o la introducción de la rabia en islas en las que se encontraba erradicada, o la propagación del virus del Nilo Occidental tras su aparición en América del Norte), O
2. El problema tiene mayor alcance y aún no se han establecido cuáles son los *peligros* prioritarios (p. ej., el declive generalizado de una población por causas desconocidas).

En el segundo supuesto, en el proceso de *identificación del peligro* se deben averiguar todos los posibles *peligros*. En el primer supuesto, la *identificación del peligro* puede ser relativamente fácil, pero el desarrollo y documentación del proceso ayudarán a hacer el proceso lo más *transparente* posible. Además, ayudan a validar o cuestionar supuestos que se han realizado a lo largo de la descripción del problema. Por ejemplo, en un caso de mortalidad masiva por aspergilosis en pingüinos que vivían en libertad, al estudiar en profundidad el paso de la descripción del problema se observó que la causa primaria de la mortalidad no había sido tal infección, como se había supuesto, sino el estrés crónico debido al impacto medioambiental ocasionado por la minería a cielo abierto y la actividad pesquera de la zona.

Si se omite algún aspecto del paso de *identificación del peligro*, la decisión debe justificarse. Por ejemplo, cuando se realiza un ARE para la translocación de animales sin atravesar ninguna barrera ecológica ni geográfica, se debe especificar que se han omitido ciertos posibles *peligros* por este motivo.

Clasificación del peligro

Para reducir la probabilidad de pasar por alto algún posible *peligro*, puede ser de utilidad tener en cuenta la siguiente lista:

- *Agentes infecciosos* (es decir, la entrada, desarrollo o multiplicación de un microorganismo en el organismo de un hospedador, en el que puede causar enfermedad):
 - virus
 - bacterias
 - hongos
 - parásitos (*macroparásitos* tanto externos como internos)
 - priones (agentes infecciosos causantes de las encefalopatías espongiiformes transmisibles)

- *Peligros no infecciosos* (es decir, enfermedades que no pueden transmitirse de un individuo a otro):
 - intoxicaciones
 - genéticas y propias del desarrollo
 - alteraciones degenerativas
 - neoplasias (causantes de cáncer)
 - problemas nutricionales
 - alteraciones metabólicas
 - traumatismos (p. ej., por atropellos)
 - enfermedades inmunomediadas (p. ej., alergias)
 - problemas causados por factores medioambientales (p. ej., la contaminación del aire, el suelo o el agua, radiaciones o fenómenos meteorológicos como inundaciones o sequías).

una evaluación del riesgo completa. Este aspecto se estudia con detalle en el informe «Healthy Animals, Healthy Canada» que el Council of Canadian Academies publicó en 2011, resumido a continuación. Los autores recomiendan utilizar la clasificación de consecuencias que se muestra en la Figura 5.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de las posibles consecuencias:

- **Sanidad animal** – consecuencias directas para la salud de cualquier individuo de cualquier especie animal.
- **Bienestar animal** – sufrimiento para los animales relacionado con el peligro, de forma directa o indirecta, como resultado de las medidas que se toman para controlar el peligro, como poner a los animales en cuarentena o manipularlos para tomarles muestras para el diagnóstico.
- **Salud humana** – consecuencias directas de enfermedades zoonóticas o efectos indirectos, como los derivados de la falta de calidad alimentaria debidos a una pérdida de servicios de las poblaciones de animales domésticos o de los ecosistemas, como por ejemplo, la polinización de las abejas afectada por el colapso de la colonia.
- **Sociales y psicológicas** – un componente de la salud del hombre que puede resultar especialmente afectado por la pérdida de animales o de medidas para el control de brotes, como el

Consecuencias de los posibles peligros

Tener en cuenta las posibles consecuencias directas o indirectas de cada peligro puede resultar útil a la hora de decidir cuáles de ellos precisan

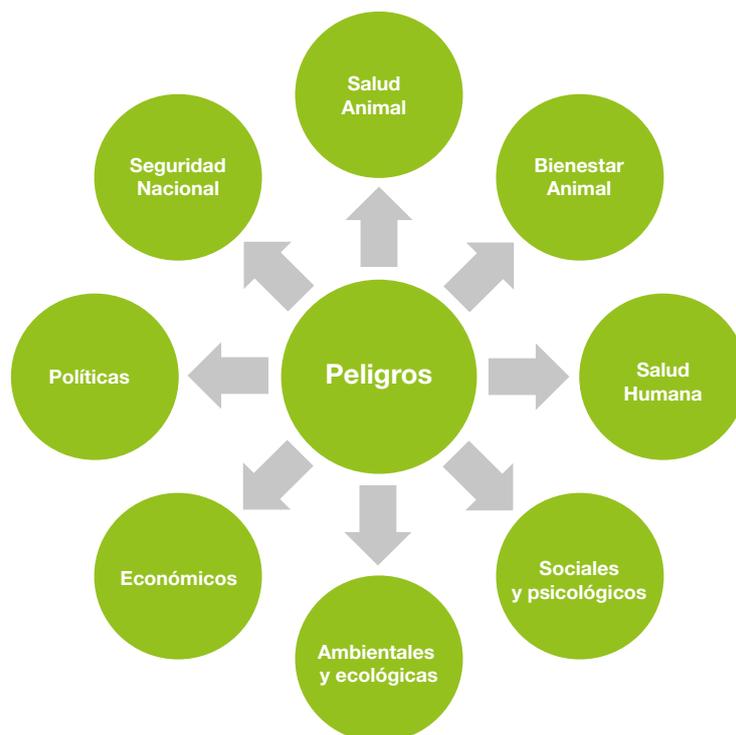


Fig. 5
Tipos de consecuencias relacionadas con los peligros para la salud animal
 (Del Council of Canadian Academies, 2011)

sacrificio masivo de animales, las restricciones a los desplazamientos y la pérdida de ingresos económicos.

- **Medioambientales y ecológicas** – estas suelen ser las consecuencias más complejas y difíciles de predecir. Un ejemplo puede ser el aumento del número de animales en descomposición asociado a la reducción del número de grandes depredadores, como el diablo de Tasmania en Australia, o de carroñeros, como los buitres *Gyps* spp. en Asia.
- **Económicas** – se ha asociado la reducción masiva de puestos de trabajo, ingresos y animales a medidas de control de los brotes de enfermedades de los animales, como la encefalopatía esponjiforme bovina (EEB) o la influenza aviar altamente patógena.
- **Políticas** – como ya se ha comentado, las enfermedades de la *fauna silvestre* siempre tienen consecuencias políticas, de mayor o menor alcance según las especies implicadas, la gravedad del impacto y el nivel de concienciación de la población. Al evaluar el tipo de consecuencias de cada opción para la gestión del riesgo, hay que tener en cuenta que las acciones emprendidas van a ser ventajosas para ciertas partes interesadas y perjudiciales para otras.
- **De seguridad nacional** – estas consecuencias a menudo se relacionan con un gran impacto de las enfermedades de los animales en la salud pública, la economía, la estabilidad social y las políticas respectivas. Un buen ejemplo es el de la pandemia de gripe aviar altamente patógena.

Fuentes de información y transparencia

Además de realizar una exhaustiva revisión de la información publicada, es necesario hacer un esfuerzo por conseguir también datos sin publicar (p. ej., de laboratorios de diagnóstico, investigadores, etc.) así como consultar con un grupo multidisciplinario de personas interesadas en el tema y con las suficientes competencias. Si se opta por este proceso de consulta, es importante realizarlo de forma seria y estructurada (por ejemplo, mediante un taller o un cuestionario). Debe ser transparente e inclusivo para asegurar que se tiene en cuenta el punto de vista de todos y cada uno de los participantes. (Véase la Herramienta 17: Obtención formal de la opinión de expertos, como ejemplo de un proceso de este tipo).

Ejemplo 1 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de enfermedad y taller para la planificación de la gestión de kakapos (*Strigops habroptilus*)

R.M. Jakob-Hoff, CBSG Australasia; NZCCM, Auckland Zoo, Nueva Zelanda

El kakapo es un ave en peligro crítico de extinción, endémica de Nueva Zelanda y limitada a escasas islas donde no hay predadores. Este taller para el desarrollo de un ARE se centró en los riesgos asociados al desplazamiento previsto de gente y aves entre las islas Whenua Hau/Codfish y Nueva Zelanda continental debido al principal acontecimiento reproductivo del kakapo en 2008-2009, previsto para el verano. Gracias a que antes del taller se analizó la información, tanto publicada como sin publicar, se pudo redactar una lista de los posibles peligros para el kakapo (Tabla IV).

Para cada enfermedad se aporta una breve sinopsis que sirve de base a la hora de dialogar con el resto de partes implicadas. A continuación se muestra un ejemplo.

Tabla IV
Peligros de enfermedad identificados para el kakapo

Infeciosos	No infecciosos
Víricos Virus del pico y las plumas de las psitácidas (VPPP) Poliomavirus de las psitácidas Herpesvirus de las psitácidas (enfermedad de Pachecho) Influenza aviar altamente patógena Virus de la viruela de las psitácidas Paramixovirus aviar 1 (enfermedad de Newcastle)	Aflatoxicosis
De etiología desconocida pero probablemente vírica Enfermedad mieloproliferativa del perico de las Antípodas	
Bacterianos Salmonelosis Yersiniosis Erisipela Clamidiosis/Psitacosis Macrorabdosis (Megabacteriosis)	
Fúngicos Aspergilosis	
Parasitarios internos Malaria aviar Coccidiosis Tricomoniasis Criptococosis	
Parasitarios externos Ácaros Garrapatas Piojos Pulgas Moscas de la familia <i>Hippoboscidae</i>	

Salmonelosis

Microorganismo: La bacteria zoonótica *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium es la especie de este género más común en las psitácidas.

Signos clínicos: Es frecuente la presencia de hospedadores asintomáticos. La enfermedad puede manifestarse de diversas formas, pero la diarrea y la muerte súbita son las más comunes.

Periodo de incubación: Dado que en las aves es frecuente el estado de portador, el periodo que va desde la infección hasta que se observan los primeros *signos clínicos* de la enfermedad es muy variable; en las personas, oscila entre las 8 y las 48 horas.

Fuentes de infección: El tracto intestinal de un gran número de vertebrados, incluidas otras aves, roedores e incluso personas.

Transmisión: La infección se suele transmitir por la ingestión de cualquier tipo de material contaminado por heces, pero algunos de los serotipos (como *S. pullorum* en las aves de corral) también pueden transmitirse por vía uterina.

La enfermedad en la fauna silvestre de Nueva Zelanda: *Salmonella* está ampliamente extendida por toda Nueva Zelanda, aunque algunas cepas tienen una distribución más local. *S. typhimurium* DT195 causó en 2006 la muerte de numerosos hihi (*Notiomystis cincta*), un paseriforme endémico, mientras que en 2007 el serotipo DT160 la causó en gorriones comunes (*Passer domesticus*). Ambos serotipos se aislaron también en personas enfermas de Nueva Zelanda más o menos en la misma época.

Control: Este microorganismo es susceptible a la mayoría de desinfectantes y a temperaturas superiores a los 60°C.

Prevención:

- Evitar la exposición a roedores.
- Las personas que trabajen con kakapos deben mantener una estricta limpieza de las manos.
- Evitar el hacinamiento en cautiverio.
- Pruebas de detección del microorganismo durante las *cuarentenas*.

Bibliografía

Alley *et al.* 2002; Hirsch 2004; Alley y Gartrell 2006.

Ejemplo 2 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de importar un tiburón toro (*Carcharias taurus*) a Nueva Zelanda (realizado para el Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda)

R. Jones, Veterinario del Aquarium, Moorabin, Australia

Para poder identificar todas las enfermedades, *agentes patógenos* y parásitos relacionados con el tiburón toro, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica gracias a los servicios y a las bases de datos del Australian Animal Health Laboratory (AAHL) de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), que se encuentra en Geelong, VIC, Australia.

Tras la búsqueda inicial se comprobó que existen muy pocas enfermedades descritas en tiburones toro, por lo que se amplió a cualquier especie de tiburón, haciendo hincapié en las víricas y las bacterianas. Además, se utilizaron otras dos fuentes de información, *Elasmobranch Husbandry Manual* de Smith *et al.* (2004) y *Fish Medicine* de Stoskopf (1993). El autor consultó además a compañeros de acuarios públicos y de otras instituciones de todo el mundo, especialmente de EE.UU. y de Sudáfrica (estos aparecían en el Apéndice 2 del documento original, pero aquí no se han publicado).

Para cada microorganismo encontrado se explica brevemente su epidemiología y se tienen en cuenta las siguientes preguntas (Tabla V):

1. ¿Podrían los tiburones toro importados vehicular el microorganismo?
2. ¿En caso de que dicho microorganismo necesite un vector, se encuentra éste presente en Nueva Zelanda?
3. Es el microorganismo exótico en Nueva Zelanda ¿pero está presente en los países exportadores?
4. Si el microorganismo se encuentra presente en Nueva Zelanda, es necesario saber si:
 - se encuentra bajo algún programa oficial de control, ya lo lleve a cabo algún departamento gubernamental o forme parte, o bien de estrategias nacionales o regionales de gestión de plagas, o bien de programas a menor escala.
 - existen cepas más virulentas en otros países.

Tabla V
Identificación de peligros para una propuesta de importación de tiburones toro (extracto)

Nombre de la enfermedad	Nombre científico del agente etiológico	Registrado en esta especie	Registrado en otras especies	Vector de un peligro	Se encuentra en NZ	Peligro posible	Referencia
Virus							
Dermatitis vírica de la boca dulce (<i>Mustelus canis</i>)	Herpesvirus	No	Sí	No	No	No	Terrell (2004)
Necrosis eritrocítica vírica	Iridovirus	No	Sí	No	No	Sí	Terrell (2004) Johnston (1975) Khan & Newman (1981)
Bacteria							
Meningitis del tiburón	<i>Vibrio carchariae</i> (sin. <i>V. harveyi</i>)	Sí	Sí	No	Sí	No	Grimes <i>et al.</i> (1984)
<i>Vibrio</i> spp.	<i>Vibrio</i> spp.	Sí	Sí	No	Sí	No	Terrell (2004) Tuttle <i>et al.</i> (2008)
Forunculosis	<i>Aeromonas salmonicida</i> subsp. <i>Salmonicida</i>	No	Sí	No	No	Sí	Briones <i>et al.</i> (1988)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Gál <i>et al.</i> (2005)
<i>Flavobacterium</i> spp.	<i>Flavobacterium</i> spp.	No	Sí	No	Sí	Sí	Terrell (2004)
Bacterias varias	<i>Citrobacter freundii</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Stoskopf (1993)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Stoskopf (1993)
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Stoskopf (1993)
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Craig A. Harms, North Carolina State University, com. pers. November 2009
	<i>Enterococcus faecalis</i>	Sí	Sí	No	Sí	No	Craig A. Harms, North Carolina State University, com. pers. November 2009

Cuando la respuesta a la pregunta 1 es «sí» (y también es afirmativa para la pregunta 2 en el caso de los microorganismos que necesitan un vector) y también lo es para las preguntas 3 o 4, el microorganismo en cuestión se clasifica directamente como posible peligro y requiere una evaluación del riesgo.

Por lo tanto, los microorganismos que ya se encuentran presentes en Nueva Zelanda no van a considerarse como posibles peligros a no ser que existan cepas con una mayor patogenicidad que puedan ser vehiculadas por tiburones toro importados. Por lo tanto, a pesar de que la presencia de microorganismos en los tiburones toro importados es posible, los riesgos para la salud humana y la sanidad animal no serán distintos al que ya existe en el país por la presencia de este microorganismo.

Ejemplo de sinopsis de una enfermedad: Meningitis en tiburones

Agente etiológico: *Vibrio carchariae* (sinónimo de *Vibrio harveyi*).

OIE: Esta enfermedad no aparece registrada en la lista de la OIE.

Estatus de Nueva Zelanda: *V. harveyi* se encuentra presente en este país.

Epidemiología: *V. carchariae* se identificó como una nueva especie a partir de un cultivo realizado a un tiburón gris (*Carcharhinus plumbeus*) que murió en un acuario (Grimes *et al.* 1984). Fue el primer *Vibrio* spp. hallado en un elasmobranquio. En el tiburón gris, uno de los signos clínicos más comunes es la meningitis, y este agente patógeno se ha aislado de líquido cefalorraquídeo. Se sabe que en

los tiburones toro pueden tener lugar infecciones de forma natural. Es necesario apuntar que todos los casos descritos se han producido en tiburones mantenidos en cautiverio cerca de la bahía de Delaware (Stoskopf 1993).

A partir de un estudio, Pedersen *et al.* (1998) comprobaron que *V. carchariae* es sinónimo de *V. harveyi*. Este hallazgo fue confirmado con posterioridad en el centro Nacional de Información Biotecnológica (2009).

Conclusión: Dado que *V. harveyi* ya se encuentra en Nueva Zelanda (Biosecurity New Zealand, 2005), no se seguirá teniendo en cuenta en esta evaluación del riesgo.

Ejemplo 3 de identificación del peligro: Análisis del riesgo de enfermedad en diablo de Tasmania

Inicialmente, tras el estudio de la bibliografía publicada (incluidas las referencias aportadas por el Dr. Philip Ladd y el Dr. Peter Holtz) y de los casos aún sin publicar del Australian Wildlife Pathology Registry (facilitados por la Dra. Karrie Rose, Taronga Zoo, Sydney) se elaboró una lista de 60 posible peligros, infecciosos y no infecciosos. Un extracto de la misma se muestra en la Tabla VI.

En esta ocasión, se realizó un taller donde se estudiaron estos posibles peligros para las poblaciones de diablos de Tasmania y se determinó cuáles de ellos debían seguir analizándose por considerarse de mayor riesgo según los conocimientos de los expertos. Dicho grupo de expertos estaba formado por veterinarios especialistas en *fauna silvestre* e investigadores que trabajaban con diablos de Tasmania. Las enfermedades que se clasificaron como de mayor riesgo se han destacado en negrita en la lista que mostramos a continuación.

Peligros infecciosos

- **Tumor facial de los diablos de Tasmania (TFDT)**
- **Salmonelosis**
- **Seudotriquinelosis (*Trichinella spp.*)**
- **Ectoparásitos (ácaros, *Uropsylla*, garrapatas)**
- Sarcocistosis (trastorno muscular)
- Toxoplasmosis ¿?
- Infecciones fúngicas
- Parásitos gastrointestinales (cestodos, nematodos)
- Protozoos (*Giardia*, *Entamoeba*, *Sarcocystis*, esporocistos, coccidios)

- Infecciones bacterianas (abscesos, septicemia, etc.)
- Infecciones víricas (herpesvirus, retrovirus endógenos)
- Micobacteriosis

Peligros no infecciosos

- **Tumores en individuos jóvenes (distintos del TFDT)**
- **Otras neoplasias (distintas de las de la lista anterior)**
- **Enfermedades linfoproliferativas**
- Enfermedades metabólicas (p. ej., osteodistrofia)
- Enfermedades degenerativas (p. ej., espondilosis y artrosis en animales de avanzada edad)
- Enfermedades nutricionales (p. ej., obesidad)
- Dermatitis alérgica
- Atropellos (los diablos de Tasmania tienden a comerse los cadáveres de animales atropellados, exponiéndose también ellos a ser atropellados)²
- Provocadas (envenenamiento, normalmente con organofosforados)
- Predación por perros (especialmente dos perros atacando juntos)
- Disparos.

Bibliografía

Grupo Especialista en Cría para la Conservación, 2008.

² La mortalidad por atropellos puede ser muy alta en ciertas zonas del lugar; por ejemplo, es del 50% en los diablos de Tasmania y del 100% en los quoles de una zona en la que se elevó la carretera y en que la velocidad media de los vehículos pasó de los 40 a los 80 km/h. Por otra parte, en un año de sequías se registró un 20% de mortalidad en el Fraycinet National Park.

Tabla VI
Extracto de la revisión de los peligros para el diablo de Tasmania (no asociados al tumor facial de los diablos de Tasmania)

Categoría	Enfermedad	Comentarios	Autor	Año	Título	Revista/Editor
Alergia	Dermatitis por hipersensibilidad	Hembra adulta	Rose Karrie	2007	Registro Australiano de Patología en Fauna Silvestre, Sociedad para la Conservación Taronga, Australia, com. pers.	Diablo de Tasmania – Registro de enfermedades de la fauna silvestre de Australasia
Bacteriana	Salmonelosis	Este es uno de los trastornos más comunes en grandes dasiúridos, pero la fuente no menciona al diablo de Tasmania (también se hace referencia a la alta tasa de portadores en marsupiales)	Finnie Edward P.	1988	Enfermedades y lesiones de otros mamíferos australianos	Memorias Nº 104 "Australian Wildlife", Universidad de Sydney. Comité de Posgrados en Ciencias Veterinarias
Neoplasia	Neoplasias	Revisión	Griner Lynn A.	1979	Neoplasms in Tasmanian Devils (<i>Sarcophilus harrisi</i>)	<i>J. Nat. Cancer Inst.</i> 62 , 589–595
No infecciosa	Ulceración del tracto digestivo	Úlceras gástricas, pilóricas o duodenales, y anemia. Posible asociación al estrés en cautiverio	Griner Lynn A.	1983	Pathology of Zoo Animals – Capítulo 35 Mamíferos	Zoological Society of San Diego

● Evaluación del riesgo

En la evaluación del riesgo se plantea la siguiente pregunta: «¿Cuál es la probabilidad y cuáles son las consecuencias de que ocurra un peligro específico en un determinado momento o durante un suceso?»

El propósito de la evaluación del riesgo consiste en determinar:

- la probabilidad de introducir un peligro en el área de estudio
- la probabilidad de que las especies de interés resulten expuestas al peligro una vez introducido, y
- las consecuencias de la exposición.

A partir de aquí, los peligros se pueden clasificar por orden descendente de prioridad.

Dicho de otra forma, la evaluación del riesgo de enfermedad es el proceso por el que se estima, por una parte, la probabilidad de que un agente patógeno (de cualquier procedencia) entre, se establezca o se propague en un país, zona o población, y, por otra, su posible impacto en la salud

humana y la sanidad animal, en el medioambiente y en la economía. Es muy importante que este concepto quede suficientemente claro en el paso de descripción del problema.

Herramientas útiles

- Stella y Vensim, pág. 61
- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Técnica de comparación por parejas, pág. 63
- Cmap, pág. 79
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81
- @Risk, pág. 83
- OUTBREAK, pág. 83
- PopTools, pág. 86
- Obtención formal de la opinión de los expertos, pág. 89
- Netica, pág. 92
- Árbol de precisión, pág. 93
- Vortex, pág. 94
- RAMAS, pág. 96
- Método de Monte Carlo, pág. 111

La *evaluación del riesgo* puede ser cualitativa, si se emplean términos como «riesgo alto», «medio» o «bajo», o bien cuantitativa, si se emplean valores numéricos como «un brote de enfermedad por cada 100 introducciones de animales» o «error en la identificación de una manada enferma de entre 100 manadas de determinada especie».

Para cada peligro identificado en el paso previo, se utiliza la mejor información existente para evaluar la posibilidad de introducirlo en el entorno en cuestión (*evaluación de la liberación*) y de exponer la población en estudio al peligro (*evaluación de la exposición*). Si el riesgo de que la población en estudio se exponga al peligro es alto, es necesario valorar las consecuencias (biológicas, medioambientales, sociales y económicas) de la entrada, establecimiento o propagación del peligro y estimar la magnitud de sus consecuencias. Este proceso constituye la base para priorizar los peligros con el fin de determinar si las medidas de mitigación del riesgo están o no justificadas.

Para que una evaluación del riesgo sea correcta debe:

- estar basada en una pregunta específica
- ser transparente
- estudiar completamente los supuestos realizados
- incluir una explicación de los factores que influyen en la *incertidumbre* que acompaña a las conclusiones.

Ejemplo de preguntas que deben plantearse durante una evaluación del riesgo (de Unwin y Travis 2009):

«¿Cuál es la probabilidad de introducir tuberculosis (TB) en los lémures de Betampona sabiendo que la población está libre de TB?»

«¿Cuál es la probabilidad de liberar un chimpancé x en la naturaleza y que sea portador del agente patógeno y?»

Según la metodología empleada por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), en el *análisis del riesgo*, la *evaluación del riesgo* es el paso siguiente a la *identificación del peligro* y se compone de cuatro etapas: *evaluación de la liberación*, *evaluación de la exposición*, *evaluación de las consecuencias* y *estimación del riesgo* (Brückner *et al.* 2010).

Las evaluaciones que realiza la OIE a menudo guardan relación con el comercio de animales o productos de origen animal. En el campo de la

conservación de la biodiversidad y de la sanidad de la *fauna silvestre*, este marco básico debe adaptarse a muchas situaciones diferentes. Así, el resultado de la *evaluación del riesgo* puede emplearse para decidir si el riesgo que se valora es aceptable o si se precisan medidas para reducirlo a niveles aceptables. Es un sistema con una gran versatilidad, lo cual lo convierte en el método de elección para muchos profesionales encargados de la evaluación del riesgo (Brückner *et al.* 2010).

Árboles de situaciones

Antes de iniciar una evaluación del riesgo, puede ser de gran ayuda elaborar un árbol de situaciones para cada peligro (Véanse la Fig. 6 y la Herramienta 10 del ARE, Árboles de situaciones). Estos ayudarán a detectar, por una parte, las distintas vías biológicas que llevan a la exposición de los animales o las personas susceptibles al peligro y, por otra, las posibles situaciones de «brote» de la enfermedad (en ocasiones, los árboles de situaciones también se denominan «análisis de las vías de contagio»; véase la Fig. 6).

Incertidumbre

Lamentablemente, en ninguna situación compleja se dispone de toda la información necesaria, algo especialmente cierto al tratar con enfermedades de la *fauna silvestre*, que es un ámbito en el que los datos siempre suelen escasear. Por ello, en la evaluación del riesgo de enfermedad en *fauna silvestre* el análisis cualitativo suele ser el más empleado. Una exhaustiva revisión bibliográfica, el uso de las herramientas correctas para el análisis y la toma de decisiones (como las que se indican en el apartado sobre Herramientas de este *Manual*) y un registro explícito de todos los supuestos y limitaciones optimizarán el uso de la información y ayudarán a determinar las áreas en las que aún faltan datos y sobre las que es necesario seguir investigando, así como del nivel de *incertidumbre* que los responsables de la toma de decisiones deben tener en cuenta.

Sin embargo, es necesario diferenciar entre la precisión de una evaluación del riesgo y su exactitud. Por ejemplo, el programa de gestión de poblaciones Vortex (véase la Herramienta 20) permite calcular tasas de crecimiento poblacional con infinitos decimales y con una gran precisión. No obstante, las tasas calculadas podrían ser muy inexactas, es decir, muy distintas de las tasas «verdaderas» esperadas en los sistemas «reales» que se estén estudiando. En un ARE, es más importante estimar y debatir la *exactitud* de la evaluación que su precisión.

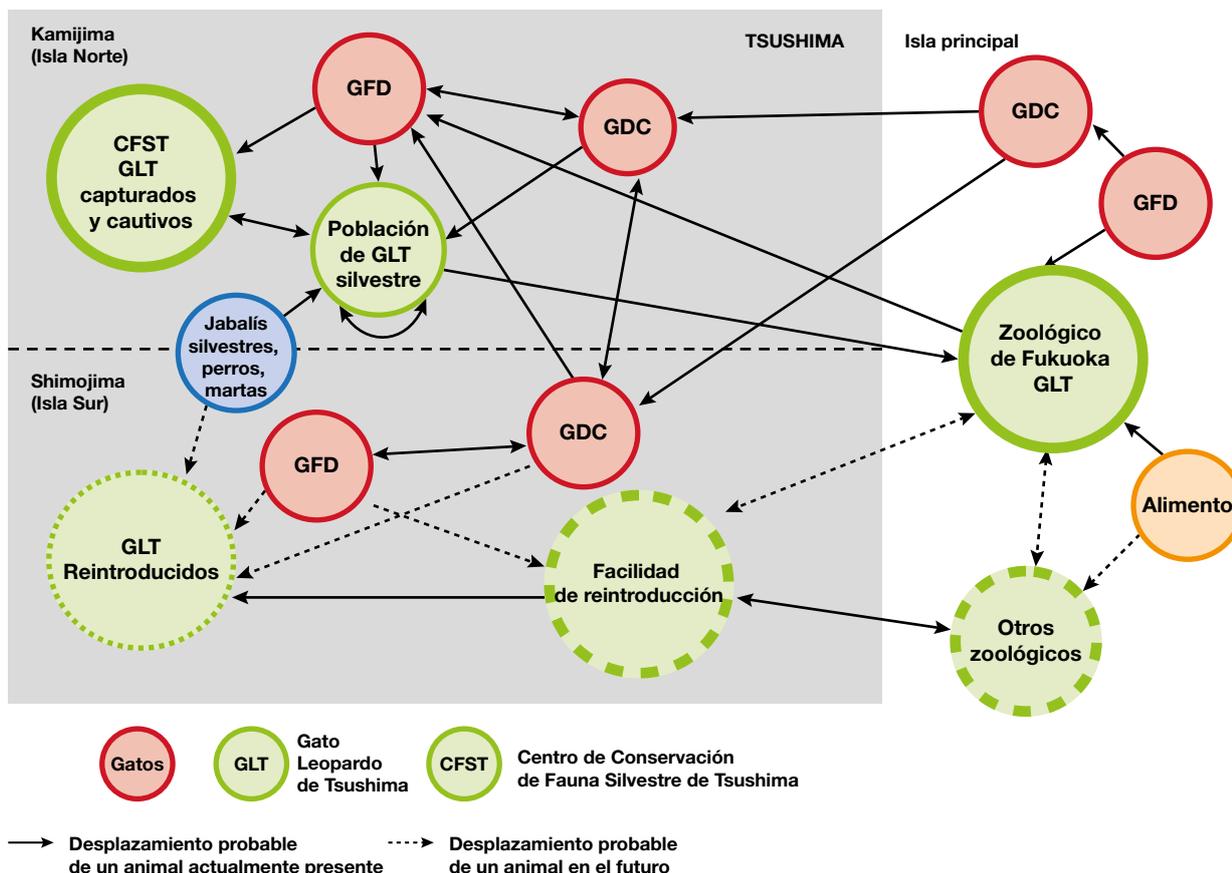


Fig. 6
Posibles vías de transmisión de agentes patógenos en el gato leopardo de Tsushima
 Diagrama de posibles vías de transmisión de agentes infecciosos entre gatos leopardos de Tsushima (GLT), gatos domésticos asilvestrados (GFD), gatos domésticos mascota «cautivos» (GDC) y otros animales dentro de regiones geográficas específicas de Japón (Murayama *et al.* 2006)

Evaluaciones del riesgo cualitativas frente a cuantitativas

En una *evaluación del riesgo cualitativa*, el resultado y magnitud de las consecuencias se miden en términos tales como «alto», «medio» o «bajo»³. En la *evaluación cuantitativa*, en cambio, se utilizan términos como «un brote de la enfermedad por cada 100 introducciones de animales» o «problemas para la identificación de un animal enfermo de cada 100». Ambas técnicas son válidas y, en la práctica, todas las *evaluaciones del riesgo* se realizan inicialmente de forma cualitativa (MacDiarmid 2001; MacDiarmid y Pharo 2003). Solo si se desea obtener más información llega a ser necesario intentar una cuantificación del riesgo (Brückner *et al.* 2010). Tal y como explica North (1995), «... es mejor usar el *análisis del riesgo* para crear nuevas percepciones, no para calcular cifras que pudieran malinterpretarse como muy precisas. Los cálculos numéricos pueden ser de ayuda para conocer mejor los riesgos muy complejos y rodeados de gran *incertidumbre* y, por lo tanto, para extraer conclusiones que no se habrían obtenido a partir del mero razonamiento cualitativo».

Evaluación del riesgo semi-cuantitativa

Varios autores mantienen que los métodos analíticos semi-cuantitativos pueden ser más *objetivos* que las técnicas consideradas estrictamente cualitativas. Estos métodos se basan en la asignación de valores numéricos, en forma de rangos de probabilidad, pesos o puntuaciones, a estimaciones cualitativas, creando así diversas combinaciones de tales estimaciones mediante suma, multiplicación, etc. con la intención de conseguir un nivel de objetividad mayor. Aunque a primera vista resulten interesantes, estos métodos semi-cuantitativos pueden conducir a error cuando los valores se asignan y combinan de forma arbitraria y sin la *transparencia* suficiente. Los resultados de estos estudios suelen ser inconsistentes y, desde el punto de vista de la estadística o la lógica, las conclusiones en ocasiones son incorrectas. Estos métodos no ofrecen ninguna ventaja con respecto a un enfoque cualitativo bien documentado, transparente y revisado por expertos, y raramente salen adelante en situaciones difíciles (Brückner *et al.* 2010).

³ Dado que estos términos varían según el contexto, deben incluirse las respectivas definiciones según su uso en cada ARE.

Tabla VII

Extracto de la evaluación semi-cuantitativa de los peligros para el kakapo, *Strigops habroptilus*, en la Isla de Codfish, Nueva Zelanda

Enfermedad	1. Probabilidad de susceptibilidad	2. Probabilidad de exposición	3. Gravedad para la población	Impacto (columnas 1 x 2 x 3)
Erisipelas (<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>)	5	5	3	75
Circovirus de las psitácidas (enfermedad del pico y las plumas de las psitácidas)	5	2	5	50
Salmonelosis	3	5	3	45
Clamidiiasis (psitacosis)	5	3	2	30
Poliomavirus de las psitácidas	5	1	5	25
Tricomoniasis (<i>Trichomonas</i> spp.)	5	4	1	20
Aflatoxicosis	3	1	3	9
Enfermedad mieloproliferativa del perico de las Antípodas	1	1	1	1
Enfermedad de Pacheco (Herpesvirus de las psitácidas)	5	0	5	0

(Escala para las columnas 1 y 2: 0 = probabilidad cero; 1 = altamente improbable; 2 = improbable; 3 = moderadamente probable; 4 = probable; 5 = altamente probable)

(Escala para la columna 3: 0 = nula, 1 = muy baja; 2 = baja; 3 = moderadamente grave; 4 = grave; 5 = muy grave)

De Jakob-Hoff 2008

Sin embargo, dado que se interpreta explícitamente una escala numérica y que ésta se aplica de forma coherente, la asignación de una «puntuación» a cada designación de una evaluación cualitativa puede ser de gran utilidad para que varios expertos en el tema alcancen un consenso sobre el riesgo relativo partiendo de varios criterios. En la Tabla VII se muestra un ejemplo del uso de este sistema de puntuación para la clasificación del peligro derivado de una enfermedad.

Las puntuaciones de cada enfermedad que se muestran en la tabla están basadas en información publicada o aún sin publicar y en la opinión que los expertos han expuesto durante un taller sobre ARE. Para cada enfermedad se adjunta una descripción del modo en que se ha establecido la puntuación, asegurando así la máxima *transparencia*. A continuación, se muestra un ejemplo de dicha descripción para la erisipelosis.

Enfermedad: Erisipelosis

La erisipelosis es una infección bacteriana causada por *Erysipelothrix rhusiopathiae*. Este microorganismo se expulsa con las heces de los animales infectados, en las que puede sobrevivir durante largos periodos de tiempo en condiciones ambientales.

Probabilidad de susceptibilidad (5): Se ha observado una alta susceptibilidad a la enfermedad en kakapos, especialmente en ejemplares jóvenes sometidos a cierto nivel de estrés.

Probabilidad de exposición (5): La isla de Codfish tiene una alta prevalencia de la enfermedad en aves marinas, lo que aumenta notablemente la probabilidad de exposición de los kakapos a este agente patógeno. Este supuesto se comprueba realizando pruebas serológicas a los kakapos.

Gravedad para la población (3): Moderada. Es improbable que tenga lugar un brote que afecte gravemente a la población de kakapos.

Bibliografía

Gartrell *et al.* 2005.

Evaluación de la liberación del agente patógeno

La *evaluación de la liberación* consiste en la estimación de la probabilidad de que el peligro en cuestión se encuentre presente o vaya a ser introducido en el área de estudio, o de que abandone su medio de procedencia o su *reservorio*, «liberándose» así en una zona donde animales o personas susceptibles puedan quedar expuestos.

Dependiendo del historial de la enfermedad, su liberación puede suponer una contaminación del medio o un riesgo de exposición directa entre animales o personas. Algunos ejemplos de este efecto son la reintroducción o translocación de animales portadores de microorganismos infecciosos nuevos para zona, la liberación accidental de especies alóctonas a un nuevo medio o cambios en los usos de la tierra que favorezcan el contacto entre especies que anteriormente se encontraban aisladas. La *evaluación de la liberación* debe incluir una descripción de las vías biológicas necesarias para que el peligro se introduzca en el área o población en estudio. En cada paso del proceso es necesario enumerar todos los factores biológicos, ecológicos y geográficos que se hayan tenido en cuenta, así como todos los supuestos realizados.

La *evaluación del riesgo* puede concluir llegados a este punto si se estima una probabilidad insignificante de que el peligro que estemos estudiando afecte a la *fauna silvestre* en cuestión.

Ejemplo de una evaluación cualitativa de la liberación del virus del Nilo Occidental (VNO) como peligro en la reintroducción de pigargos europeos (PE, *Haliaeetus albicilla*) en el Reino Unido provenientes de Europa del este (tomado de Sainsbury *et al.* 2012)

«Estudios serológicos realizados en Europa del este han establecido una baja posibilidad de que el pigargo europeo, como otras aves, resulte infectado por el virus del Nilo Occidental a través del contacto con mosquitos ornitofílicos [con predilección por las aves] (McLean y Ubico 2007) y de que en Europa del este se encuentren dichos mosquitos. Se ha diagnosticado una infección mortal en diferentes especies de aves rapaces (incluidos el ratonero de cola roja [*Buteo jamaicensis*] y el búho real americano [*Bubo virginianus*]) (Saito *et al.* 2007). Sin embargo, otros órdenes de paseriformes son más susceptibles a la infección y a la enfermedad (McLean y Ubico 2007). No existe ningún caso de VNO diagnosticado en aves de Europa del este, lo cual nos indica la escasa prevalencia de la enfermedad. Sin embargo, puede encontrarse viremia sin que el animal padezca la enfermedad. En conclusión, la probabilidad de infección en un pigargo liberado proveniente de Europa del este es baja.»⁴

Evaluación de la exposición

Una *evaluación de la exposición* consiste en valorar la probabilidad de un contacto entre el animal o animales susceptibles y el agente infeccioso, de tal forma que la enfermedad pueda llegar a transmitirse. En cada paso de la evaluación, es necesario recordar todos los factores biológicos, ecológicos y geográficos a tener en cuenta, así como los

supuestos que realicemos. Una evaluación de este peligro puede finalizar con este paso cuando la probabilidad de exposición al agente en estudio sea insignificante.

Ejemplo de evaluación cualitativa de la exposición al VNO como peligro en la reintroducción de pigargos europeos (*H. albicilla*) en el Reino Unido provenientes de Europa del este (tomado de Sainsbury *et al.* 2012)

«Se sabe que las aves falconiformes desarrollan niveles suficientes de viremia como para que la infección pueda transmitirse a los mosquitos (Defra 2009). Esta viremia puede persistir en el animal durante más o menos una semana, lo cual implica que pueden llegar pigargos virémicos. Dado que otras aves, como las paseriformes, sufren una alta susceptibilidad a la infección por el virus del Nilo Occidental, existe la posibilidad de que queden expuestas al virus debido al contacto con mosquitos ornitofílicos (que se encuentran presentes en el Reino Unido) que previamente hayan estado en contacto con pigargos. Asimismo, existe una alta probabilidad de que aves con una alta susceptibilidad al virus resulten infectadas. También existe una alta probabilidad de transmisión del VNO mediante especies aviares susceptibles, ya que en el momento de la importación, durante el verano, los mosquitos ornitofílicos son frecuentes. Los seres humanos pueden resultar infectados por el virus, aunque la probabilidad de que queden expuestos al vector es muy remota (Zeller y Schuffenecker 2004)».

Evaluación de las consecuencias

El objetivo de la *evaluación de las consecuencias* es determinar las consecuencias de tipo biológico, medioambiental y económico relacionadas con la entrada, establecimiento o propagación del peligro en estudio, además de estimar su magnitud y posibilidad de que tengan lugar. En cada paso de la evaluación, es necesario tener en cuenta las consecuencias directas e indirectas que se hayan considerado. El *análisis del riesgo* puede finalizar aquí si no se identifica ninguna consecuencia perjudicial o si la probabilidad de las mismas es insignificante.

Ejemplo de una evaluación cualitativa de las consecuencias del VNO como peligro en la reintroducción de pigargos europeos (*H. albicilla*) en el Reino Unido provenientes de Europa del este (Sainsbury *et al.* 2012)

«En caso de que el virus se introduzca con los pigargos, existe una alta probabilidad de

⁴ También es importante valorar el riesgo de que las aves trasladadas queden expuestas al peligro(s) en cuestión en el lugar de destino.

que la infección se disemine porque en el área de introducción elegida habitan muchas aves paseriformes. El VNO ha dado lugar a epidemias en paseriformes de EE.UU., donde estas aves no habían estado expuestas al virus con anterioridad (McLean y Ubico 2007) y, suponiendo una situación epidemiológica similar en el Reino Unido, sería previsible que también se produjeran epidemias. Sin embargo, se han detectado anticuerpos contra el VNO en poblaciones de aves del Reino Unido que no presentaban signos de enfermedad epidémica. Esta presencia de anticuerpos (probablemente generados por protección cruzada generada por otros flavivirus [Gubler 2007 citado por Defra 2009]) en el Reino Unido y, en ocasiones, también en Europa continental, indica que la presencia de unos parámetros epidemiológicos distintos ha reducido la probabilidad de que se produzcan brotes de la enfermedad. Una epidemia tendría consecuencias importantes tanto a nivel económico como medioambiental y biológico, tal y como se ha comprobado con el efecto del brote de VNO de América del Norte en los últimos 10 años (McLean y Ubico 2007), pero la evidencia indica que existe una baja probabilidad de que esto ocurra en el Reino Unido».

Estimación del riesgo

En la *estimación del riesgo* se resumen los resultados y conclusiones que se obtienen a partir de la *evaluación de la liberación*, la *evaluación de la exposición* y la *evaluación de las consecuencias* de todos los peligros evaluados. Este paso es un requisito para proceder a la *gestión del riesgo*, con el fin de determinar si las medidas de mitigación del riesgo están justificadas o no. Cuando sopesamos los resultados de la evaluación del riesgo, es importante tener en cuenta el contexto del problema, que se define durante el paso de la descripción del problema. El objetivo es asegurar que las recomendaciones para cualquier *gestión del riesgo* sean proporcionales a los riesgos de la situación «real» (véase Proporcionalidad, pág. 22).

Ejemplo de estimación del riesgo de VNO como peligro en la reintroducción de pigargos europeos (*H. albicilla*) al Reino Unido provenientes de Europa del este (tomado de Sainsbury *et al.* 2012)

«La probabilidad de liberación del agente patógeno durante la importación de pigargos es baja, pero la probabilidad de que aves susceptibles entren en contacto con la infección es alta. Diferentes resultados sugieren que la probabilidad de epidemia es baja. Por lo tanto, el nivel de riesgo general se considera bajo.»

● Gestión del riesgo

En el paso de la gestión del riesgo se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué puede hacerse para reducir la probabilidad de que se desencadene la situación de riesgo? y ¿Qué puede hacerse para reducir las consecuencias derivadas del peligro en estudio una vez que este ya se ha producido?

El objetivo de este paso del análisis del riesgo es resumir los posibles métodos de reducción o gestión del riesgo y evaluar sus posibles resultados. A partir de aquí, pueden tomarse decisiones y establecerse recomendaciones para la mitigación de riesgos asociados a los peligros detectados.

La *gestión del riesgo* es el proceso de establecimiento y elección de medidas de control que puedan aplicarse para reducir el nivel de riesgo. Los diferentes peligros se pueden priorizar en base a la probabilidad y magnitud de sus consecuencias adversas teniendo en cuenta el nivel de *riesgo aceptable*. A continuación, se estudian las opciones de *gestión del riesgo* para cada peligro teniendo en cuenta su eficacia y viabilidad.

Herramientas útiles

- Stella y Vensim, pág. 61
- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Modelos gráficos, pág. 65
- Árboles de decisiones, pág. 70
- Diagramas de influencias, pág. 73
- Árbol de fallos, pág. 73
- Árbol de situaciones, pág. 74
- Sistemas de información geográfica (SIG), pág. 80
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81
- OUTBREAK, pág. 83
- Árbol de precisión, pág. 93
- Vortex, pág. 94
- RAMAS, pág. 96

Valoración del riesgo

El primer paso es determinar si las medidas de *gestión del riesgo* son necesarias o no teniendo en cuenta el nivel de *riesgo aceptable* que se ha calculado en el paso de descripción del problema. Dependiendo del nivel de los datos obtenidos y de la complejidad de la *evaluación del riesgo*, los resultados pueden mostrarse de una forma más o menos compleja (véase el paso «Implementación», más adelante). Además, en este punto debe tenerse en cuenta el nivel de *incertidumbre* de la *evaluación del riesgo*.

Valoración de las diferentes opciones

El segundo paso consiste en revisar y apreciar la efectividad y fiabilidad de las diferentes opciones de mitigación del riesgo para cada uno de los puntos críticos de control detectados en la vía biológica de cada peligro.

La efectividad es el punto hasta el cual una medida de mitigación reduce la probabilidad o magnitud de las posibles consecuencias adversas (sanitarias, económicas, etc.). Una vez implementada, cada medida debe evaluarse respecto al nivel aceptable de riesgo.

Para calcular la fiabilidad se tienen en cuenta factores de carácter técnico, operacional y económico que afectan a la implementación de las medidas de *gestión del riesgo*. Además, para la gestión de riesgos para la *fauna silvestre* o derivados de la misma, es importante tener en cuenta la aceptabilidad cultural, ética y política de cada medida de *gestión del riesgo*.

Puntos Críticos de Control

Los Puntos Críticos de Control (PCC) son los puntos de la vía biológica de los peligros (véanse las Figs. 6 y 7) en los cuales se pueden implementar métodos de reducción o prevención del riesgo. Con este análisis gráfico, los responsables de la toma de decisiones disponen de una herramienta más para saber a dónde deben dirigir las intervenciones y qué opciones de gestión del riesgo son factibles en dichos puntos de control.

En este caso, mediante la Figura 7 se han identificado los PCC (Δ) de las *vías de transmisión* del virus de la leucemia felina (VLF) a los gatos leopardo de Tshushima (TLC). Con triángulos numerados se indica el orden de prioridad que se da a los diferentes PCC (Murayama *et al.* 2006).

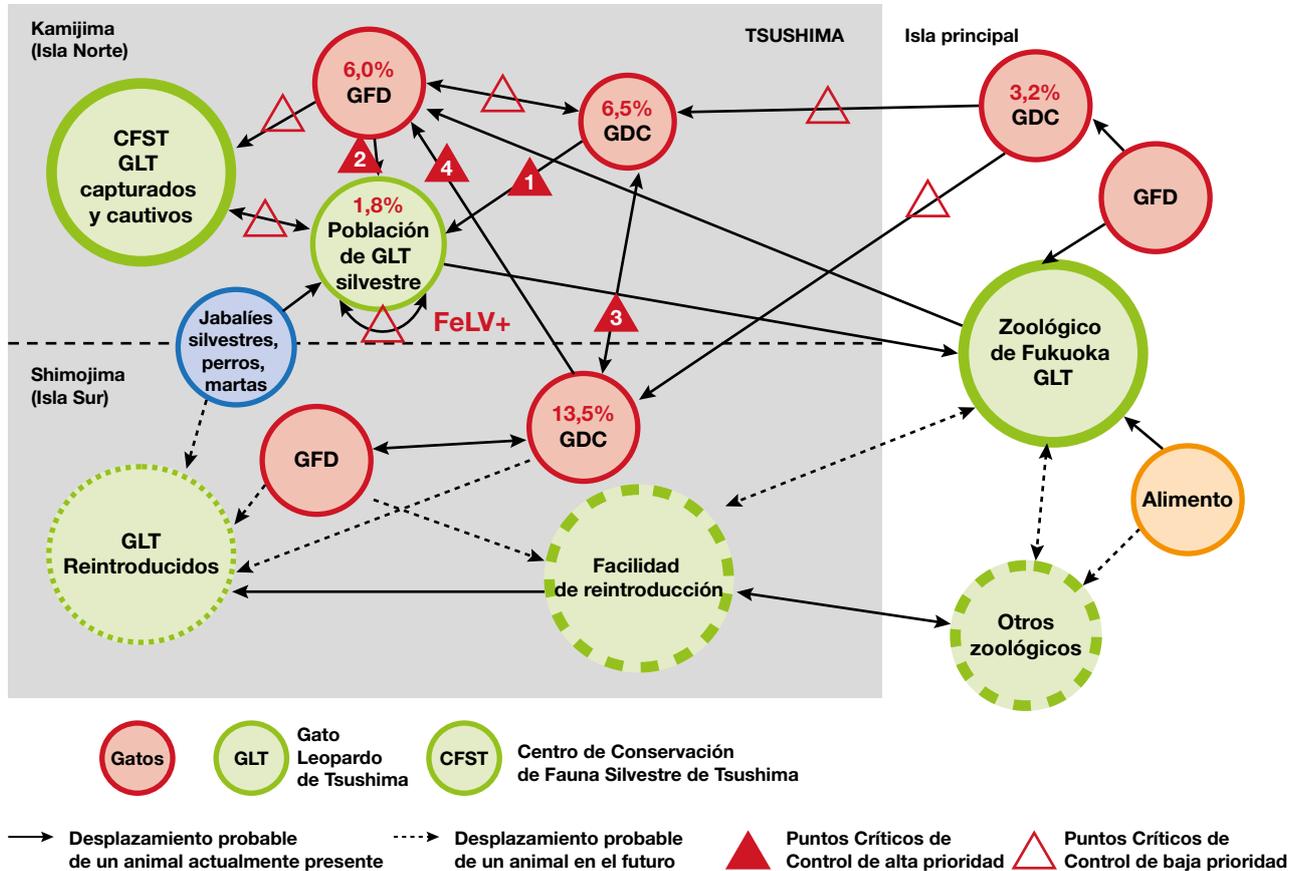


Fig. 7
Ejemplo de la aplicación de Puntos Críticos de Control (PCC)

Decisiones en la gestión del riesgo

Las matrices como la que se muestra a continuación pueden constituir una herramienta de gran utilidad a la hora de valorar diferentes opciones de gestión del riesgo según su efectividad y viabilidad (Tabla VIII). Estas pueden servir como punto de partida en la toma de decisiones previas a la aplicación y evaluación de medidas específicas:

Tabla VIII
Matriz de decisiones y valoración de las opciones

Opción	Viabilidad	Efectividad	Decisión
A	H	H	Sí
B	H	M	Posible
C	H	L	No
D	M	H	Sí
E	M	M	Posible
F	M	L	No
G	L	H	Posible
H	L	M	No
I	L	L	No

En esta tabla, las opciones más recomendadas son las que presentan una viabilidad de media a alta y una efectividad alta (A y D). Una opción que tenga una baja viabilidad pero una alta efectividad (G) también puede llegar a aceptarse, pero probablemente deberá estudiarse en más detalle antes de tomar una decisión final.

Planes de contingencia en la gestión del riesgo

1. Langstaff

En las situaciones en las que una enfermedad pueda plantear un peligro importante para animales o personas, la implementación de medidas adecuadas puede verse retrasada por el análisis de la rentabilidad de dicha medida y por la normativa correspondiente. Así, las estrategias predeterminadas o planes de contingencia para situaciones de emergencia constituyen una parte importante de la implementación de la *gestión del riesgo*. Por ejemplo, una vez que los diferentes riesgos de enfermedad se han clasificado y comparado con los niveles de *riesgo aceptable* previamente acordados, pueden establecerse umbrales por encima de los cuales el riesgo no podrá tolerarse y resultará necesario aplicar medidas. Como alternativa, los planes de acción pueden centrarse inicialmente en los riesgos más altos y extremos, para abordar después los de menor riesgo en función de los recursos disponibles.

Clasificación de la enfermedad

En ambos casos puede resultar útil agrupar los riesgos en categorías. Estructurar el plan de respuesta en torno a estas categorías es una estrategia operacional que permite detectar y gestionar simultáneamente diferentes enfermedades que comparten una misma vía de acción. Los riesgos que suponen las enfermedades pueden clasificarse de esta forma:

1. Riesgos de enfermedad atribuibles a *contaminación patógena*.
En esta categoría se encuentran los riesgos derivados de enfermedades que se han introducido recientemente o que, por lo que se sabe, no se encuentran en el país en cuestión («*exóticas*») pero que constituyen un riesgo como consecuencia de actividades humanas (p. ej., la propagación de enfermedades *exóticas* como la fiebre aftosa en Australia)
2. Riesgos derivados de enfermedades *endémicas*. Estas enfermedades, por definición, tienen una larga historia de prevalencia en el país y una presencia constante en las poblaciones de *fauna silvestre* de interés. La actividad humana influye poco en la propagación de la enfermedad en cuanto a la interacción entre los hospedadores *silvestres*, el agente etiológico y el medio ambiente (p. ej., la rabia y la fiebre aftosa en ciertas partes de África)
3. Riesgos derivados de *agentes patógenos* desconocidos o que emergen por primera vez. Son enfermedades que no se han reconocido previamente en ningún otro lugar (p. ej., el síndrome de la nariz blanca en murciélagos de América del Norte).

En la Tabla IX (pág.48) se presenta el esquema de un plan de contingencia ante los riesgos que suponen estas enfermedades de la *fauna silvestre*, con diferentes opciones para cada tipo de riesgo marcadas con un código de color que ilustra su importancia respecto a los otros de su misma categoría.

Los pasos del plan de contingencia son los siguientes:

- Análisis del riesgo: apreciar la probabilidad de entrada y propagación de una enfermedad y sus posibles consecuencias, tal y como se describe en este *Manual*.
- *Vigilancia* pasiva: realizar un seguimiento de la *fauna silvestre* para la detección de casos con signos clínicos de enfermedad.

- *Vigilancia* específica: obtener información específica acerca de la enfermedad en cuestión.
- Investigación: conocer la epidemiología de la enfermedad.
- Competencia en sanidad de la *fauna silvestre*: implementar estrategias de gestión de las enfermedades de la *fauna silvestre*.
- Registro de incidentes durante la investigación: gestionar la información durante incidentes sanitarios en la *fauna silvestre*.
- Almacenamiento y análisis de la información: mejorar el nivel básico de conocimientos sobre las enfermedades de la *fauna silvestre*.
- Comunicación y educación: difundir la información sobre las enfermedades de la *fauna silvestre*.
- Medidas de bioseguridad: aplicarlas durante la gestión del riesgo de enfermedad asociado a translocaciones de *fauna silvestre*.
- Normas de higiene: aplicar medidas de bioseguridad para reducir el riesgo de propagación de las enfermedades (*contaminación patógena*).

Estrategia para gestionar la contaminación patógena o la propagación de enfermedades exóticas conocidas

La contaminación patógena es la introducción, mediante actividades humanas, de *agentes patógenos* a entornos y hospedadores en los que previamente no los había (Daszak *et al.* 2000), en la mayoría de los casos mediante el comercio o los viajes (Morrell 1999). Se sabe que los *agentes patógenos* resultan transportados con diferentes productos, tales como el ganado y sus derivados, o con el comercio de *fauna silvestre* (MacDiarmid 2011; Travis *et al.* 2011).

Las especies de *fauna silvestre* se consideran especialmente vulnerables a la introducción de nuevos *agentes patógenos* con los que no han tenido contacto previo (Daszak *et al.* 2000). Por ello, la consecuencia de la *contaminación patógena* para estas especies es la aparición de enfermedades emergentes epidémicas, como la quitridiomycosis en las ranas (Daszak *et al.* 2003). Algunos ejemplos de riesgos sanitarios derivados de la *contaminación patógena* para la salud humana son el síndrome respiratorio agudo grave (SRAG) o la influenza aviar altamente patógena («gripe aviar»).

Un *análisis del riesgo de enfermedad* (ARE) (Título 1) en el que se empleen competencias específicas en sanidad de la *fauna silvestre* (Título 5) es una excelente forma de identificar las posibles vías de riesgo para la propagación de los *agentes patógenos* de interés, mientras que la aplicación de medidas de bioseguridad (Título 9) y de unas correctas normas de higiene (Título 10) son las principales medidas

de gestión para mitigar el riesgo de *contaminación patógena*. Estas medidas deben aplicarse cuando en el ARE se identifiquen actividades humanas de alto riesgo (puntos de control crítico). Se precisan proyectos de *vigilancia* específicos (Título 3) para evaluar la eficacia de las normas de bioseguridad, además de investigación (Título 4) para llenar las lagunas de información sobre las vías de riesgo de introducción artificial y propagación de los *agentes patógenos de la fauna silvestre* y sus posibles consecuencias. (Véase el Apéndice 2, pág. 103: *Vigilancia, seguimiento e investigación de brotes de enfermedad*).

La *vigilancia* pasiva (Título 2) y las investigaciones de los incidentes (Título 6) son actividades que refuerzan el valor de la *vigilancia* específica porque permiten detectar fallos en las medidas de bioseguridad, identificando en qué puntos no consiguen detener la entrada o propagación de *agentes patógenos*. Por ejemplo, al investigar un episodio de mortalidad de *fauna silvestre* es posible que se detecte una enfermedad considerada *exótica* para una población y que se descubra que tal incidente coincide con una actividad humana que anteriormente se consideraba que suponía poco riesgo de introducción de enfermedad, o bien que se detecten nuevas vías de *transmisión* de dicha enfermedad.

Las actividades relacionadas con la obtención, gestión y difusión de la información que devienen necesarias son el almacenamiento y la interpretación de los datos generados por la *vigilancia* y la comunicación de los mismos a otros usuarios y gestores de la *fauna silvestre* (Títulos 6 a 8).

Estrategia para gestionar agentes patógenos desconocidos o emergentes

Los «*agentes patógenos* emergentes» son los causantes de enfermedad que previamente se desconocían y que se han detectado por primera vez, como el que provoca el tumor facial del diablo de Tasmania o los que causan enfermedades en especies que no se consideraban susceptibles. Puede aparecer susceptibilidad a microbios que habitualmente son benignos pero que han sufrido cambios evolutivos en su nivel de patogenicidad, o bien debido a un escaso acervo genético o a una mala resistencia inmunitaria del hospedador derivada de un empeoramiento de la calidad medioambiental (Carey *et al.* 1999).

Los factores que contribuyen a la aparición de nuevos *agentes patógenos* se conocen poco y constituyen el objetivo de los estudios de salud de los *ecosistemas*. Es probable que los principales *factores de riesgo* para la aparición de enfermedades en poblaciones humanas y de animales domésticos también sean *factores de riesgo* para la aparición de enfermedades en poblaciones de *fauna silvestre*.

Entre estos factores se encuentra la expansión de las poblaciones humanas, que influye en el uso de la tierra, la urbanización del terreno, la deforestación y la fragmentación del hábitat. Estos *factores de riesgo* influyen en la aparición de nuevas enfermedades al cambiar la densidad y ecología de los hospedadores, los *vectores* y los *agentes patógenos* (McMichael 2004).

Dado el conjunto de actividades humanas que influye en estos *factores de riesgo*, tal vez durante la gestión de los mismos deban incluirse cambios en la conducta humana. Sin embargo, para tomar una decisión que vaya a suponer un cambio en la actividad humana es necesario comprender perfectamente la epidemiología de la enfermedad. Así, los componentes fundamentales de esta estrategia de gestión de *agentes patógenos* emergentes son la *vigilancia* pasiva (Título 2) y la investigación (Título 4). Por lo tanto, un ARE (Título 1) en el que intervengan expertos en sanidad de la *fauna silvestre* (Título 5) constituye un método efectivo para analizar la información con el fin de proporcionar a las partes interesadas y a los responsables de la toma de decisiones las mejores opciones de *gestión del riesgo*. Además, según el principio de cautela, este tipo de análisis debe formar parte de todas las evaluaciones del impacto medioambiental (EIA) que se realicen para cada nuevo proyecto relacionado con áreas protegidas de biodiversidad o *fauna silvestre*.

Estrategia para gestionar agentes patógenos endémicos

Los *agentes patógenos endémicos* son los que se encuentran establecidos en un área o en una población de animales. Por ejemplo, *Toxoplasma gondii* (agente causal de la toxoplasmosis) es un *agente patógeno endémico* común en la mayoría de países del mundo que se transmite mediante sus hospedadores definitivos, miembros de la familia Felidae. El ciclo de vida de *T. gondii* puede involucrar a diferentes especies de *fauna silvestre* y habitualmente suele mantenerse por la presencia de gatos asilvestrados. Ciertos *agentes patógenos endémicos* que se encuentran localizados en su zona geográfica local también pueden propagarse a través de ciertas actividades humanas (este concepto se ha descrito anteriormente como *contaminación patógena*).

El peligro derivado de los *agentes patógenos endémicos* surge en el momento en el que aumenta su patogenicidad, variedad de hospedadores o distribución geográfica debido, por ejemplo, a cambios climáticos (Cowell 1997). Para establecer y justificar una opción de gestión viable es necesario conocer bien la interacción entre el hospedador, el agente patógeno y el medio ambiente a lo largo del tiempo (es decir, su epidemiología).

Los componentes clave para la comprensión y gestión de las amenazas causadas por enfermedades *endémicas* son un *análisis del riesgo* (Título 1) en el que intervengan expertos en la sanidad de la *fauna silvestre* (Título 5) para la identificación y descripción de vías de alto riesgo de propagación de la enfermedad, y estudios (Título 4) diseñados para llenar las lagunas de información mediante un *análisis del riesgo*. La *vigilancia* específica (Título 3) constituye una prioridad en el caso de las especies consideradas en riesgo de padecer consecuencias importantes de una enfermedad endémica (como por ejemplo, especies en peligro de extinción). La *vigilancia* pasiva (Título 2) puede resultar una actividad complementaria a la hora de reunir la información básica sobre la incidencia de la enfermedad. La gestión de la información concerniente a la enfermedad *endémica* (Títulos 6 y 7) es importante para identificar tendencias en la incidencia de la misma y *factores de riesgo* de prevalencia de la enfermedad que puedan respaldar la toma de decisiones. Comunicar la información sobre enfermedades *endémicas* (Título 8) es vital para apoyar la red de *vigilancia* pasiva, ya que las enfermedades *endémicas* son las más prevalentes y problemáticas en la *fauna silvestre*. Las actividades relacionadas con la bioseguridad (Títulos 9 y 10) son menos prioritarias, ya que pueden tener muy poco efecto si la enfermedad está muy extendida. Sin embargo, resulta prudente implementar actividades para fomentar la bioseguridad con el fin de impedir que la enfermedad *endémica* siga propagándose debido a translocaciones de animales y para reducir su *prevalencia* en poblaciones de riesgo aplicando unas prácticas de higiene apropiadas.

Tabla IX
Ejemplo de un plan de contingencia para gestionar tres categorías de amenazas de enfermedades infecciosas en fauna silvestre

	1. Análisis del riesgo de enfermedad (ARE)	2. Vigilancia pasiva	3. Vigilancia específica	4. Proyectos de investigación	5. Competencias en Salud de fauna silvestre	6. Registro de incidentes durante la investigación	7. Almacenamiento y análisis de los datos (gestión de la información)	8. Comunicación y educación	9. Medidas de bioseguridad	10. Normas de higiene
Contaminación patógena	Identificar y describir las vías de alto riesgo para la entrada de enfermedades exóticas y comunicar las decisiones tomadas para limitar su entrada. Identificar los vacíos de información	Apoyo a la vigilancia específica y a las medidas de bioseguridad	Estudios en una especie definida para detectar las enfermedades o sus agentes patógenos considerados prioritarios según un análisis del riesgo	Conocer las vías de riesgo de introducción antropogénica y diseminación de agentes patógenos para la fauna silvestre	Análisis del riesgo y vigilancia, inteligencia epidemiológica y medidas de bioseguridad	Detección de incidentes de morbilidad y mortalidad mediante vigilancia por escaneo	Brindar registros de información mediante vigilancia	Comunicar la inteligencia epidemiológica a los usuarios y responsables de fauna silvestre	Identificar y mitigar riesgos de la importación, la exportación y el desplazamiento de animales	Actividad de gestión crítica para mitigar el riesgo de contaminación patógena
Nuevas enfermedades emergentes	Identificar y describir vías de alto riesgo, p. ej., en la intensificación de sistemas de producción cerca de territorios con fauna silvestre	Un sistema clave para detectar nuevas enfermedades emergentes	En especies identificadas como prioritarios debido a las posibles consecuencias de la enfermedad	Conocer los factores causales involucrados en la aparición de enfermedad	Análisis del riesgo y vigilancia, inteligencia epidemiológica y medidas de bioseguridad	Detección de incidentes de morbilidad y mortalidad mediante vigilancia por escaneo	Brindar registros de información mediante vigilancia; analizar la información de proyectos de investigación	Facilitar las redes de vigilancia por escaneo a través de la retroalimentación de los incidentes	No aplicable	No aplicable
Enfermedades endémicas	Identificar y describir vías de diseminación de enfermedades endémicas de alto riesgo y comunicar las decisiones tomadas para limitar su diseminación. Identificar los vacíos de información	Reunir información básica sobre las incidencias	En especies consideradas en riesgo de consecuencias importantes de una enfermedad endémica	Llenar los vacíos de conocimiento identificados durante	Análisis del riesgo y vigilancia, inteligencia epidemiológica y medidas de bioseguridad	Detección de incidentes de morbilidad y mortalidad mediante vigilancia por escaneo	Identificar las tendencias en la prevalencia de enfermedad y los factores de riesgo de aparición de la misma	Apoyar las redes de vigilancia por escaneo a través de la retroalimentación de los incidentes	Identificar y mitigar los riesgos del desplazamiento de animales	Limitar la prevalencia de la enfermedad (p. ej., programas de cuarentena)

Clave: El código de color indica la prioridad de cada componente en relación con otros componentes de la misma categoría de amenaza de enfermedad en fauna silvestre

Prioridad	Máxima	Alta	Media	Mínima	No aplicable
------------------	--------	------	-------	--------	--------------

● Implementación y revisión de las medidas

En el paso de la implementación se plantean las siguientes preguntas: ¿De qué forma se implementarán las medidas de gestión del riesgo elegidas?, ¿Están las medidas de gestión del riesgo teniendo el efecto deseado una vez implementadas? y, si en caso negativo, ¿Cómo podrían mejorarse?

La finalidad del paso de implementación y revisión de las medidas es establecer un plan de acción y contingencia y llevar a cabo un proceso de seguimiento, valoración y revisión de las estrategias de mitigación del riesgo. Esta revisión tal vez permita aclarar ciertos aspectos del problema y perfeccionar el ARE (véase «Gestión adaptativa», en la pág. 50).

Herramientas útiles

- Hoja de trabajo del ARE, pág. 63
- Manual de la OIE sobre análisis del riesgo, pág. 81

En apartados anteriores se ha tratado el riesgo de enfermedad en poblaciones de *fauna silvestre* y se ha descrito un *análisis del riesgo* práctico aplicable a los peligros detectados. Si este proceso se sigue correctamente, aparece una lista de peligros prioritarios con una estimación del riesgo de cada cual que se basa en una *evaluación del riesgo* específica, así como posibles estrategias de gestión. Además, el proceso de *evaluación del riesgo* habrá ayudado a situar estos riesgos en un contexto más amplio para conocer por qué vías pueden transmitirse las enfermedades y determinar qué especies de *fauna silvestre* y áreas geográficas pueden presentar riesgo de sufrir consecuencias importantes de la enfermedad. También sirve para hallar lagunas de información sobre los peligros de la enfermedad. Todo ello resulta fundamental a la hora de comunicar el riesgo y planificar qué medidas de gestión implementar.

Plan de acción y contingencia

La implementación de las medidas se inicia con el desarrollo de un plan de acción y contingencia para la *gestión del riesgo* para asegurarse de que se están siguiendo y aplicando de manera adecuada las medidas de *gestión del riesgo*.

Este plan de acción debe incluir qué acciones van a emprenderse, por qué, cuándo y por quién, así como el coste de los recursos (tiempo, dinero, personal, material, etc.). Deben asignarse responsabilidades, con las correspondientes fechas límite, a personas directamente involucradas en los temas relativos a la *gestión del riesgo*.

En el plan de contingencia se establecen las acciones correctoras que deben aplicarse en las condiciones aceptadas como parte del proceso de *gestión del riesgo* en caso de que el riesgo se manifieste. Aunque se trata de una aplicación en tiempo real, muchas de las acciones correctoras pueden adaptarse durante el paso de *gestión del riesgo*, pudiendo utilizarse lo antes posible cuando sean necesarias. Véase un ejemplo de plan de contingencia en el apartado anterior y en la Tabla IX (pág. 48).

Seguimiento y revisión

Es el proceso continuo de seguimiento de las medidas de *gestión del riesgo* que se aplica para comprobar si se están consiguiendo los resultados deseados (véase «Gestión adaptativa», en la pág. 50). Debe llevarse a cabo un proceso de evaluación para comprobar la efectividad y viabilidad de las opciones de *gestión del riesgo*. Para ello, deben establecerse criterios medibles respecto a los cuales puedan tomarse decisiones para continuar con el seguimiento (si el resultado es favorable) o modificar la estrategia de *gestión del riesgo* (si el riesgo no se está mitigando lo suficiente). Es recomendable someter a seguimiento incluso los riesgos considerados como «aceptables», dado que los ARE son procesos muy dinámicos. Si la pregunta era suficientemente relevante y el peligro era lo bastante prioritario, probablemente estén justificados el *seguimiento* y la valoración. De todas formas, toda esta información debe incluirse en las conclusiones del informe sobre análisis del riesgo para garantizar la *transparencia* y una comunicación eficaz con todas las partes interesadas.

Valoración

Preguntarse cómo se medirá el éxito del proceso permitirá establecer qué información se necesita para evaluar el ARE y de qué forma se puede mejorar su efectividad. Asimismo, involucrar a todos los participantes del estudio en la elaboración de un plan de valoración y en la revisión de los resultados ayudará a asegurar que todos ellos conozcan los problemas y las metas del proyecto.

En el plan de acción para la *gestión del riesgo* deben incluirse las preguntas que se planteen en la valoración y la información necesaria para responderlas. Cuando se trabaje con recursos escasos pero de gran valor (lo cual es muy habitual en los casos relacionados con la conservación de *fauna silvestre*), es esencial comprobar la eficacia de la actividad de forma periódica. Se trata de una práctica habitual en muchos negocios y en la administración pública y, de hecho, cada vez más organismos financieros exigen como requisito la presentación de informes con pruebas de

que se han logrado avances hacia los objetivos acordados. Además, realizar análisis periódicos estructurados del rendimiento del proyecto también ayuda a detectar problemas en el momento en el que se producen, lo cual permite aplicar ajustes y perfeccionar el proceso. En el Apéndice 6 (pág. 128) se puede consultar un ejemplo e información adicional.

Gestión adaptativa

Como ya se ha mencionado en este *Manual*, el ARE debe empezar con un planteamiento muy claro del problema que debe solucionarse y de las preguntas que han de responderse. En prácticamente todos los análisis del riesgo, incluidos los que se centran en enfermedades de *fauna silvestre*, se observará un grado considerable de *incertidumbre* y la necesidad de realizar ciertos supuestos. Estos supuestos se basarán en la información y conocimientos disponibles sobre el problema y deben especificarse perfectamente. A medida que se obtiene más información, los supuestos realizados con anterioridad pueden revisarse o reforzarse, según los resultados. A su vez, también pueden perfeccionarse y revisarse las acciones para la *gestión del riesgo*. Es un proceso de gestión adaptativa conocido como «aprendizaje práctico».

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de gestión adaptativa o ciclo de mejora continuo que puede aplicarse a cualquier proyecto. Este ciclo se desarrolla a lo largo de todo el proyecto y permite la adaptación a circunstancias cambiantes y la incorporación de nuevos datos y perspectivas.

En la Figura 8, se implementa el plan inicial (Plan I) y se realiza un seguimiento del mismo. A intervalos periódicos predeterminados, se realiza un seguimiento de los datos para evaluar el proyecto y comprobar si está cumpliendo con los objetivos. Si en dicha valoración se detectan nuevas perspectivas o cambios en las circunstancias, el plan inicial se puede adaptar (Plan II), y así sucesivamente.

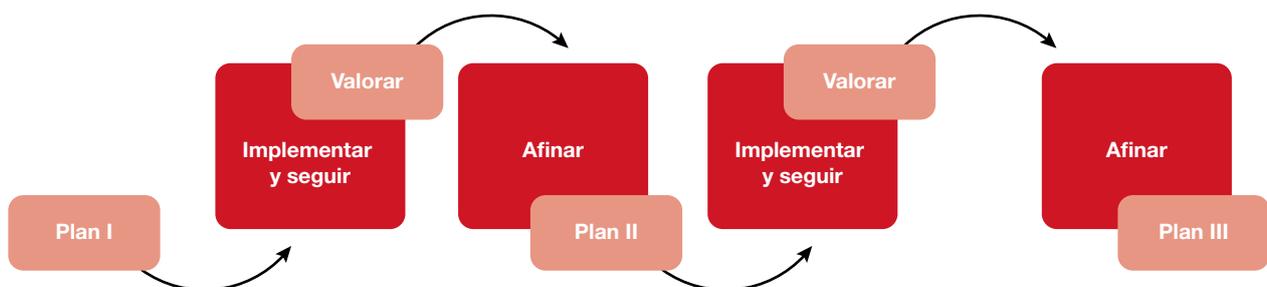


Fig. 8
Representación gráfica de un ciclo de gestión adaptativa

Revisión científica externa

Muchos de los ARE en *fauna silvestre* se llevan a cabo en respuesta a una necesidad inmediata con la intención de conseguir una solución rápida, lo cual, en muchos casos, impide disponer del tiempo suficiente para solicitar una revisión científica externa antes de presentar el estudio. Sin embargo, cualquier recomendación sobre la *gestión del riesgo* ganará credibilidad si el informe del ARE ha sido revisado por uno o más expertos. Es algo que merece la pena incluso cuando no se pretende publicar el trabajo.

Las agencias para la conservación de la *fauna silvestre* y las universidades que participan en estudios sobre la *fauna silvestre* o disciplinas relacionadas (veterinaria, ecología o epidemiología) pueden ser buenos lugares en los que contactar con revisores adecuados. Un informe escrito por personas reconocidas como autoridades en su campo otorgará la máxima credibilidad para las partes interesadas.

Dado que los revisores necesitarán emplear buena parte de su tiempo en leer el texto, el borrador que se les envíe deberá ser lo más parecido posible a la versión final y deberá incluir explicaciones de cada razonamiento realizado y de los supuestos que subyazcan a cada paso del ARE. Es importante establecer con los revisores una fecha límite para la entrega de sus comentarios (y comprobar que ellos la aceptan) y aclarar sobre qué aspectos del ARE sería interesante recibir comentarios, como por ejemplo, la robustez técnica del ARE, la validez de los supuestos realizados, la efectividad de la comunicación o el modo en el que el trabajo puede contrarrestar las críticas de las partes interesadas que tengan puntos de vista opuestos (Brückner *et al.*, 2010).

Los encargados de la realización del ARE deben estar abiertos a recibir comentarios de los revisores independientes. Una actitud defensiva, aunque comprensible en algunos casos, podría socavar las ventajas de realizar una revisión. Esto no significa que todos los comentarios y críticas de los revisores deban aceptarse ni aplicarse, pero es bueno disponer de unas opiniones que se habrán dado con la mejor intención y tenerlas muy en cuenta antes de tomar una decisión final.

En la Tabla X se muestra un ejemplo de plantilla para la documentación de un plan de implementación y revisión.

● Lista de puntos esenciales a tener en cuenta para la realización de un análisis del riesgo de enfermedad en una translocación de fauna silvestre⁵

S.C. MacDiarmid

1. Descripción del problema

1.1 Determinación del objetivo del análisis del riesgo

Indicar de forma precisa los animales (o germoplasma) objeto del *análisis del riesgo*, especificando:

- el nombre científico de las especies
- la naturaleza, origen(es) (incluyendo el país) y el propósito de dichos animales (o germoplasma)
- el número probable de animales que van a ser trasladados y la frecuencia de las translocaciones

A partir de estos datos, establecer un título adecuado para el *análisis del riesgo*.

Tabla X
Ejemplo de plantilla para el plan de implementación y revisión

Problema/ Meta Objetivo	Objetivo	Acciones	Responsabilidad	Colaboradores	Programación	Costo	Valoración	Obstáculos
<p>Problema 1: Contactos entre gatos domésticos asilvestrados y gatos leopardos silvestres de Tsushima</p> <p>Meta 1: Ausencia de contacto entre gatos domésticos asilvestrados y gatos leopardos silvestres de Tsushima</p>	Extraer todos los gatos asilvestrados	<p>1. Capturar y extraer gatos asilvestrados de Kamijima, especialmente donde la tasa de infección por VIF sea alta</p> <p>2. Empezar a capturar los gatos asilvestrados previo acuerdo local</p> <p>3. Lanzar una campaña para que no haya gatos callejeros (implementación de un programa de cuidado y atención veterinaria)</p> <p>4. Asegurar refugios para gatos capturados o encontrarles nuevos dueños.</p>	Ciudad de Tsushima, División de Bienestar Social (nombre del representante que acuda al taller)	Conferencia de enlace para la implementación de buenas prácticas y atención veterinaria de gatos domésticos en Tsushima (LC)	Comenzar en un plazo máximo de tres años	Por determinar: depende de la disponibilidad de un refugio para los gatos	<p>Realizar un seguimiento de la tasa de infección por VIF</p> <p>Estimar el tamaño de la población de gatos asilvestrados</p>	<p>La tenencia de gatos domésticos no está claramente definida (se requiere un sistema de registro).</p> <p>Tanto en Tsushima como en otros lugares está pendiente la creación de refugios y de un sistema para encontrar nuevos propietarios para los gatos asilvestrados capturados.</p>

Basado en: Murayama *et al.* 2006

5 Adaptado de: Brückner G., MacDiarmid S.C., Murray N., Berthe F., Müller-Graf C., Sugiura K., Zepeda C., Kahn S. y Mylrea G. (2010). – Handbook on Import Risk Analysis for Animal and Animal Products, Volume I. Introduction and Qualitative Risk Analysis. Segunda edición. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París, 88 págs.

1.2 Establecimiento claro del objetivo del análisis del riesgo

El propósito del análisis del riesgo debe establecerse de forma adecuada. Por ejemplo:

«Identificar y valorar la probabilidad de introducir y propagar (*el peligro(s)*) o de que se establezca en (*el área de introducción*), junto con la probabilidad, magnitud y posibles consecuencias para los animales silvestres, los domésticos y los seres humanos derivadas de (*la actividad*)».

«Recomendar medidas de mitigación del riesgo, en caso de que sean necesarias».

1.3 Identificación de fuentes de información para el análisis del riesgo

La información necesaria para identificar los peligros, valorar riesgos y establecer opciones de gestión del riesgo puede encontrarse en diferentes fuentes (véase el Apéndice 1, pág. 101).

2. Comunicación acerca del riesgo

2.1 Desarrollo de una estrategia de comunicación acerca del riesgo

Dicha estrategia debe:

- identificar a personas y organismos involucrados (partes interesadas y expertos)
- determinar cuándo es necesario comunicarse con ellos
- determinar las formas de comunicación apropiadas.

3. Identificación del peligro

3.1 Identificación de los peligros que puedan estar relacionados con las especies en cuestión

- Crear una lista preliminar de todos los *agentes patógenos* tanto infecciosos como no infecciosos asociados a las especies en cuestión, y en función de los siguientes criterios, determinar si pueden clasificarse como peligro para estudiarlos en una *evaluación del riesgo*.

3.2 ¿Puede el animal o germoplasma en cuestión actuar como posible vehículo del agente patógeno?

Si la respuesta es Sí, se procede al paso 3.3; en caso negativo, el agente patógeno no es un peligro.

3.3 ¿Se encuentra el agente patógeno presente en el área de donde provienen los animales o el germoplasma?

- Si la respuesta es Sí, se procede al paso 3.4.
- Si la respuesta es NO, ¿se confía lo bastante en la capacidad de la Autoridad Competente de la zona o país de origen como para asegurar firmemente la ausencia del agente patógeno?
 - Si la respuesta es Sí, el agente patógeno no es un peligro.
 - Si la respuesta es NO, se contacta con la Autoridad Competente para solicitar más información o explicaciones y se procede al paso 3.5 asumiendo que, hasta que se demuestre lo contrario, el agente patógeno puede estar presente en el lugar de origen.

3.4 ¿Existen áreas de la zona de la que provienen los animales o el germoplasma que estén libres del agente patógeno?

- Si la respuesta es Sí, ¿se confía lo bastante en la capacidad de la Autoridad Competente como para asegurar firmemente la ausencia del agente patógeno en tales áreas y para garantizar que los animales provienen de ellas?
 - Si la respuesta es Sí, el agente patógeno no es un peligro.
 - Si la respuesta es NO, se contacta con la Autoridad Competente para solicitar más información o explicaciones y se procede al paso 3.5 asumiendo que, hasta que se demuestre lo contrario, el agente patógeno puede estar presente en estas áreas y que los animales o el germoplasma pueden proceder de otros lugares.

- Si la respuesta es NO, se procede al paso 3.5.

3.5 ¿Se encuentra el agente patógeno actualmente en el área a la cual van a translocarse los animales o el germoplasma y que resultará afectada por la actividad prevista?

- Si la respuesta es Sí, se procede al paso 3.6.
- Si la respuesta es NO, ¿está el responsable del ARE o la Autoridad Competente de su país en condiciones de asegurar firmemente la ausencia del agente patógeno en tal área?
 - Si la respuesta es Sí, el agente patógeno no es un peligro.
 - Si la respuesta es NO, se procede al paso 3.6.

3.6 En el caso de un agente patógeno que se encuentre tanto en el área de origen como en el área de destino de la translocación, si:

- es objeto de un programa oficial de control, O
- la situación zoonosanitaria no es la misma en todas las zonas, O
- es probable que las cepas locales del agente patógeno sean menos patógenas que las del área de origen,

ENTONCES, el agente patógeno se puede clasificar como peligro. Se procede al paso 4.

En esta etapa se puede incluir un análisis del riesgo si ninguno de los agentes patógenos en cuestión está clasificado como posible peligro.

3.7 ¿Existe algún análisis del riesgo de enfermedad realizado con anterioridad para el mismo tipo de translocación mediante el cual se hayan establecido medidas de mitigación del peligro en cuestión?

- Si la respuesta es SÍ, ¿obliga la legislación del país a realizar un análisis del riesgo completo?
 - Si la respuesta es SÍ, se procede al paso 4 y se realiza una evaluación del riesgo.
 - Si la respuesta es NO, se aplican las medidas de mitigación del riesgo establecidas mediante el análisis del riesgo de enfermedad realizado con anterioridad.

4. Evaluación del riesgo

Se realiza una *evaluación del riesgo* relativa a cada uno de los peligros identificados:

- Se identifican las poblaciones de interés:
 - Debe determinarse qué especies pueden ser susceptibles para garantizar que en la *evaluación del riesgo* se tienen en cuenta todas las vías biológicas correspondientes.
 - Las especies susceptibles pueden ser animales terrestres o acuáticos, ya vivan en libertad, en cautiverio o estabuladas, o bien personas cuando el peligro puede constituir una zoonosis.
- Se elabora un árbol de situaciones para identificar las diferentes vías (riesgos) biológicas que pueden hacer que:
 - los animales o germoplasma trasladados actúen de portadores del peligro durante la translocación o que los animales afectados por la actividad prevista actúen como portadores del peligro.

- animales o personas susceptibles queden expuestos
- se den situaciones favorecedoras de «brotes».

- Se elabora una *evaluación de la liberación* para estimar la probabilidad de que los animales, el germoplasma o la actividad introduzcan el peligro en el medio ambiente, el *ecosistema* o el área de interés:

Se enumeran los factores biológicos, medioambientales y animales relevantes en cada paso:

- ¿Puede considerarse insignificante la probabilidad de que los animales o el germoplasma que se van a translocar o los afectados por la actividad sean portadores del peligro? Si la respuesta es:

- SÍ, el riesgo estimado (paso 5.1) se clasifica como insignificante y el *análisis del riesgo* puede concluir en este punto.
- NO, se procede al siguiente paso.

- Se elabora una *evaluación de la exposición* para estimar la probabilidad de que animales susceptibles o personas queden expuestos al peligro.

Se enumeran los factores biológicos, medioambientales y animales relevantes en cada paso:

- ¿Puede considerarse insignificante la probabilidad de que los animales o personas susceptibles queden expuestos al peligro por cualquiera de las vías de acción? Si la respuesta es:

- SÍ, el riesgo estimado (paso 5.1) se clasifica como insignificante y el *análisis del riesgo* puede concluir en este punto.
- NO, se procede al siguiente paso.

- Se elabora una *evaluación de las consecuencias* para estimar la magnitud probable de las posibles consecuencias biológicas, medioambientales y económicas asociadas a la entrada, establecimiento o propagación del peligro y a la probabilidad de que ocurran.

Se enumeran las consecuencias relevantes directas e indirectas que se hayan tenido en cuenta:

- ¿Pueden considerarse insignificantes las consecuencias biológicas, medioambientales o económicas asociadas al peligro? Si la respuesta es:
 - SÍ, el riesgo estimado (paso 5.1) se clasifica como insignificante y el *análisis del riesgo* puede concluir en este punto.
 - NO, se procede al siguiente paso.

- *Estimación del riesgo*: se resumen los resultados o conclusiones derivados de las evaluaciones de liberación, exposición y consecuencias, y se procede al paso 5.

5. Gestión del riesgo

5.1 Valoración del riesgo

- ¿Se estima que el riesgo es mayor que el aceptable para las partes interesadas según la *comunicación acerca del riesgo*?
 - Si la respuesta es SÍ, se procede al paso 5.2
 - Si la respuesta es NO, no se precisan medidas de mitigación del riesgo y el *análisis del riesgo* puede concluir en este punto.

5.2 Valoración de las opciones

- Se formula un objetivo que establezca claramente el resultado esperado de la aplicación de las medidas de mitigación del riesgo, teniendo en cuenta los posibles riesgos derivados de la introducción del peligro, la exposición de animales y personas susceptibles y las consecuencias derivadas de ello.
- Se determinan las posibles medidas de mitigación del riesgo.
- Se escoge una opción o combinación de acciones que proporcionen un nivel aceptable de riesgo, comprobando que:
 - dicha opción u opciones no se eligen ni aplican de forma arbitraria, sino que se basan en el *análisis del riesgo* y en principios científicos
 - se evalúa la probabilidad de entrada, exposición, establecimiento o propagación y se estima la magnitud y probabilidad esperables de que se produzca alguna consecuencia biológica, medioambiental o económica teniendo en cuenta las medidas que se pueden aplicar
 - se eligen medidas que sean técnica, operativa y económicamente factibles

- se aplican medidas solo cuando sea necesario para proteger la vida, la salud de las personas o la sanidad de los animales
- se evitan situaciones en las que ciertas partes de una vía de riesgo se gestionan en exceso
- se considera cada medida dentro del contexto general de la vía de riesgo, no de forma aislada
- si la contribución de una medida en particular a la reducción general del riesgo es muy escasa o insignificante, no se incluye
- es improbable que para conseguir un *riesgo aceptable* sea necesario aplicar una medida de mitigación del riesgo en cada uno de los pasos de la vía de riesgo.

6. Implementación

- Se lleva a cabo un proceso de revisión científica externa para comprobar que el *análisis del riesgo* es técnicamente *robusto* y que las medidas de mitigación del riesgo elegidas son apropiadas para las circunstancias.
- Se toma una decisión final y se implementan las medidas de mitigación del riesgo.
- Seguimiento y revisión:
 - Seguimiento de los factores que tengan un impacto inmediato en el riesgo, como cambios en el estatus zoonosario de la población de origen o de poblaciones relacionadas cercanas.
 - Seguimiento de los factores relacionados con el análisis del riesgo que deban revisarse de forma periódica a medida que se disponga de actualizaciones o de nueva información.
 - Seguimiento de la implementación de las medidas de mitigación del riesgo para garantizar que se logran los objetivos.

Herramientas para el análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre

C. Lees, P.S. Miller, B. Rideout, V. Dove, S.C. MacDiarmid, M. van Andel, D. Tompkins, K. McInnes, R.M. Jakob-Hoff, L. Skerratt, N. French y S. Siah

● Introducción

En este apartado del manual se abordan las herramientas necesarias para llevar a cabo un *análisis del riesgo de enfermedad (ARE)* y se presentan casos que servirán de ejemplo para su uso. Para implementar las herramientas que se presentan en este capítulo es necesario recordar la importancia de conocer y entender el proceso de un ARE, que se explica en apartados previos de este *Manual*.

Las herramientas que se explican en este apartado son solo algunas de las existentes, que destacan por ser las más utilizadas y fáciles de conseguir. Esperamos que el material que se presenta a continuación brinde a los profesionales que trabajan con fauna silvestre las herramientas necesarias para la mayoría de situaciones en las que se realiza un ARE, aunque reconocemos que sería necesario incluir muchas más para que pudiera considerarse una fuente de información completa.

El papel de las herramientas en los análisis del riesgo de enfermedad

El análisis del riesgo de enfermedad en los sistemas biológicos es complejo, ya que implica trabajar con una gran cantidad de datos de diferentes tipos y que se relacionan entre sí de diversas maneras. Para evaluar los riesgos de este tipo no podemos basarnos simplemente en nuestros «modelos mentales». En estudios experimentales sobre el ser humano (p. ej., Towse *et al.* 2000; Oberauer y Kliegl 2006) se ha observado que, en cualquier momento dado, nuestra «memoria operativa» puede guardar pequeños conjuntos de datos específicos sobre un problema en particular. Pero retener la información necesaria sobre las relaciones entre estos conjuntos de datos es un gran desafío para nuestra ya limitada memoria. Por lo tanto, para resolver problemas complejos debemos utilizar otras herramientas de recopilación, relación y análisis de la información.

La complejidad de las herramientas necesarias para un *análisis del riesgo de enfermedad* oscila

entre la de las simples pero útiles hojas de cálculo para la recogida y organización de datos, y la de los sofisticados modelos de simulación que se utilizan para medir el impacto de la *variabilidad* y la *incertidumbre* en la predicción de los resultados que se obtendrán con cada estrategia de *gestión del riesgo*. A pesar de que todas las herramientas son diferentes, todas tienen algo en común: sirven como instrumentos independientes de investigación (Morgan y Morrison 1999).

A través de la representación de algunos aspectos del mundo real, ya sea en forma de *modelos* o de representaciones simplificadas de sistemas complejos, las herramientas nos pueden enseñar algo sobre el sistema que representan. Cuanto más interactuemos con estas herramientas en nuestro análisis de un sistema, más aprenderemos sobre dicho sistema. Además, dado que la mayoría de herramientas se basan en datos tanto teóricos como prácticos, pueden mediar entre estos dos ámbitos y conectarlos de manera significativa.

Al aplicar las herramientas es importante reconocer que ninguna es perfecta en su diseño y que ninguna base de datos asociada carece de vacíos. Por lo tanto, las herramientas no predecirán el futuro con exactitud ni nos proporcionarán una única «respuesta correcta» a un problema específico. Dado que la incertidumbre es un atributo común a todos los ARE, debe detectarse y resolverse. Normalmente, la ventaja de emplear herramientas es que nos ayudan a realizar predicciones, aunque sean más relativas que absolutas; por ejemplo, se puede realizar una predicción evaluando el riesgo de la introducción de un agente etiológico o de su *transmisión* en diferentes circunstancias. Este tipo de evaluación comparativa, también conocida como *análisis de sensibilidad*, nos permite hacer predicciones más *robustas* de la dinámica de la enfermedad en poblaciones hospedadoras con distintos tipos de gestión. Muchas de las herramientas de predicción que se explican en este apartado se pueden usar de forma eficiente tanto en un marco comparativo como en un contexto absoluto más tradicional (y a menudo más problemático).

Si las herramientas para el *análisis del riesgo de enfermedad* se aplican correctamente, ayudarán a aprender más acerca del sistema que se esté estudiando: saber lo que conocemos y no conocemos sobre el sistema; saber lo que la mayoría necesitamos conocer para intervenir eficientemente en caso necesario; y evaluar los aspectos comparativos de cada estrategia para la *gestión del riesgo*. Explicamos las herramientas de este apartado con el firme convencimiento de que aportarán tales ventajas.

En la Figura 9 se muestran algunas de las herramientas que pueden utilizarse en el ARE en *fauna silvestre* y la forma en la que encajan en el contexto del ARE descrito.

¿Cómo encontrar la herramienta correcta?

Para elegir la herramienta correcta, es importante saber para qué se requiere en una situación concreta y conocer, aunque sea de forma aproximada, cuáles son las opciones disponibles y los condicionantes relativos al coste, a la disponibilidad de datos o a la experiencia necesaria que puedan condicionar la decisión.

La matriz de la Figura 10 se ha elaborado para mostrar de manera fácil y concisa las herramientas más acordes a las diferentes etapas del proceso y contextos del ARE. En esta matriz se discrimina

entre las herramientas cuantitativas y cualitativas y se indica claramente cuáles pueden utilizarse durante varias etapas del proceso, una aptitud especialmente útil cuando se pretende diseñar un ARE formal a partir de los principios básicos. Para los casos en los que se precisa utilizar varias herramientas en un período determinado, la matriz nos ayuda a comparar herramientas para situaciones de escasez de datos, especialización o recursos, lo cual puede ayudar a los profesionales a adaptar la elección de las herramientas a sus circunstancias específicas.

Una vez el usuario haya seleccionado una herramienta o grupo de herramientas, puede consultar en el apartado «Descripción de las herramientas», a continuación, la información sobre cada una de ellas, así como casos prácticos en los que se muestra su aplicación y se indica cómo y dónde pueden conseguirse.

● Descripción de las herramientas

En este apartado se ofrece información sobre cada una de las herramientas que se indican en la matriz (Fig. 10), con ejemplos en los que se comprueba su utilidad en situaciones de la vida real. No es una lista exhaustiva de todas las herramientas, sino de las más representativas y utilizadas.

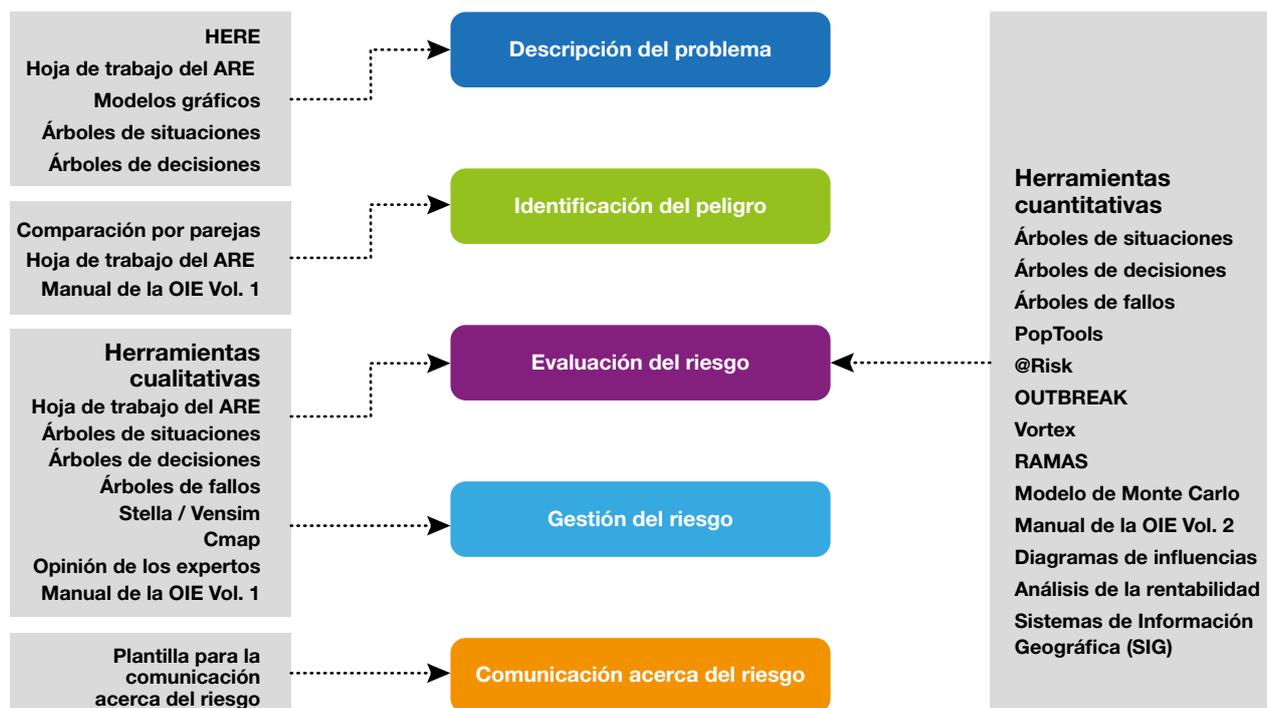


Fig. 9 Diagrama de flujo para ilustrar en qué parte del análisis del riesgo de enfermedad es útil cada una de las herramientas

Herramienta	Análisis cualitativo	Análisis cuantitativo	DP	IP	ER	GR	CR	Adecuada para situaciones con		
								Poca experiencia técnica	Pocos ** recursos financieros	Pocos datos
1. HERE										
2. Stella										
3. Vensim										
4. Hoja de trabajo del ARE										
5. Comparación por parejas										
6. Modelos gráficos										
7. Árboles de decisiones										
8. Diagramas de influencias										
9. Árboles de fallos										Cuando se use cualitativamente
10. Árboles de situaciones										Cuando se use cualitativamente
11. Cmap										
12. SIG										
13. Manual de la OIE										
14. @Risk										
15. OUTBREAK										
16. PopTools										
17. Opinión de expertos										
18. Netica										
19. Árboles de precisión (software)										
20. Vortex										
21. RAMAS										
22. Plantilla para el plan de comunicación acerca del riesgo										

DP, descripción del problema; IP, identificación del peligro; ER, evaluación del riesgo; GR, gestión del riesgo; CR, comunicación acerca del riesgo
 ** Indica que el costo de compra de las herramientas es inferior a 200 \$ en el momento de la publicación

Fig. 10
Herramientas para un análisis del riesgo de enfermedad (ARE)

● Herramienta 1: Herramienta de Evaluación del Riesgo de Enfermedad (HERE)

K. McInnes

Nombre: Herramienta de Evaluación del Riesgo de Enfermedad (HERE) para translocaciones de fauna silvestre en Nueva Zelanda.

Referencia

Departamento de Conservación, Nueva Zelanda.

Fuente

La HERE está disponible en la página web del Departamento de Conservación de Nueva Zelanda (www.doc.govt.nz/wildlifehealth) desde marzo de 2014.

Costo

De libre acceso a través del sitio web.

Requisitos de software

Ninguno.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar una HERE

La HERE se usa en la etapa inicial de planificación de una translocación para determinar si es preciso llevar a cabo una *evaluación del riesgo* detallada.

Descripción del uso de la herramienta

A lo largo de un diagrama de flujo, se responde a preguntas que determinan la probabilidad y las consecuencias de que la enfermedad se *transmita* debido a una translocación de *fauna silvestre*. A partir de datos geográficos y relacionados con el hábitat, el usuario determina la probabilidad ecológica de que la enfermedad se transmita o se contraiga debido a la translocación. Cuando la probabilidad es insignificante, durante la translocación se deben seguir unos estándares mínimos de gestión de la sanidad de la *fauna silvestre*. Por otro lado, si la probabilidad no es insignificante, el usuario debe realizar una evaluación más detallada basada en la probabilidad de que se encuentren o transmitan nuevos *agentes patógenos* y en las consecuencias para la especie y el lugar de destino, empleando toda la información disponible sobre la *prevalencia*. Asimismo, si el riesgo se considera significativo o si no hay suficientes datos para realizar esta evaluación, el usuario debe consultar más documentación, para lo cual puede precisar la ayuda de un veterinario o de un ecólogo

especialista en enfermedades con el fin de realizar una evaluación del riesgo más detallada y elaborar un plan para la *gestión del riesgo*.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Los usuarios no precisan de conocimientos ni competencias específicas.

Datos necesarios

Es necesario disponer de los datos geográficos de los lugares de origen y destino de la translocación, así como del mapeo del hábitat. También es necesaria, aunque no indispensable, información sobre la presencia o ausencia de enfermedades en el origen y el destino de la translocación y en los propios animales que vayan a ser trasladados.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

La HERE permite realizar de forma fácil y simple una evaluación general del riesgo de cualquier translocación de *fauna silvestre*; se trata de un proceso lógico y transparente. Esta herramienta también permite determinar y procesar rápidamente las translocaciones con un riesgo insignificante. La HERE destaca en qué puntos las lagunas de información afectan a la evaluación y educa al usuario durante el proceso, dirigiéndolo a otras fuentes de información o a una evaluación más exhaustiva. Así, el usuario no requiere disponer de conocimientos especiales, programas específicos ni entrenamiento previo. Es una primera ventaja para la *evaluación del riesgo* durante las translocaciones.

Se puede utilizar como herramienta de detección rápida inicial para determinar qué translocaciones están exentas de riesgo. Las decisiones que se basen en el diagrama de flujo deben documentarse y someterse a la revisión de terceros neutrales.

Si el riesgo no es insignificante, se continúa con un proceso de *evaluación del riesgo* más detallado para el cual es necesario contar con veterinarios o ecólogos especialistas en enfermedades y con datos sobre la enfermedad mucho más detallados.

Ejemplos

A continuación se presentan dos casos en los que se desarrollan situaciones diferentes. En el primero, las aves son trasladadas localmente, y en el segundo, a una gran distancia desde un lugar donde se sabe que hay problemas causados por una enfermedad determinada.

Caso 1: Diagrama de flujo para el registro de decisiones

Especie	<i>Petroica longipes</i>	
Lugar de origen	Santuario Zealandia, Karori	
Lugar de liberación	Parque Regional, Eastbourne	
1. ¿Se encuentra la población de origen en cautiverio?	Sí, diríjase a la Parte B No, continúe	No
2. ¿Se encuentran el lugar de liberación o las especies en cuestión listadas como de alta prioridad por el Departamento de Conservación?	Sí, diríjase a la Parte B No, continúe	No
3. ¿Se encuentran el lugar de liberación y de origen en la misma región ecológica o en regiones vecinas?	Sí, diríjase a la pregunta 12 No, continúe	Sí
4. ¿Son el lugar de liberación o sus proximidades de alto valor?	Sí, diríjase a la pregunta 5 No, diríjase a la pregunta 9	–
5. ¿Hay enfermedades de interés en las especies o lugar de origen?	Sí, indíquelas y diríjase a la pregunta 6 No, diríjase a la pregunta 9	–
6. ¿Se encuentran estas enfermedades presentes en el sitio de liberación o es probable que lleguen al mismo de forma natural?	Sí para todas, diríjase a la pregunta 9 No para cualquiera, diríjase a la pregunta 7	–
7. ¿Es posible que se propaguen si alcanzan este sitio?	Sí para cualquiera, diríjase a la Parte B No para todas, diríjase a la pregunta 8	–
8. ¿Hay algún riesgo para futuras translocaciones?	Sí para cualquiera, diríjase a la Parte B No para todas, diríjase a la pregunta 9	–
9. ¿Se han encontrado nuevos <i>agentes patógenos</i> en el lugar de liberación?	Sí, diríjase a la pregunta 10 No, diríjase a la pregunta 12	–
10. ¿Pueden estos agentes patógenos infectar a sus animales?	Sí, diríjase a la pregunta 11 No, diríjase a la pregunta 12	–
11. ¿Puede usted justificar si esto sucede?	Sí, diríjase a la pregunta 12 No, diríjase a la Parte B	–
12. Requisitos mínimos, recomendaciones e informes	Obligatorios	Sí



Caso 1: Mapa de la translocación; regiones ecológicas con los lugares de origen y liberación destacados (obtenido del sitio web del Departamento de Conservación (DOC): <http://gis.doc.govt.nz>)

Caso 2: Tabla de flujo para el registro de decisiones

Especie	<i>Petroica australis australis</i>	
Lugar de origen	Isla Motuara, Marlborough Sounds	
Lugar de liberación	Proyecto de Restauración Orokonui, Dunedin	
1. ¿Se encuentra la población de origen en cautiverio?	Sí, diríjase a la Parte B No, continúe	No
2. ¿Se encuentran el lugar de liberación o las especies en cuestión listadas como de alta prioridad por el Departamento de Conservación?	Sí, diríjase a la Parte B No, continúe	No
3. ¿Se encuentran el lugar de liberación y de origen en la misma región ecológica o en regiones vecinas?	Sí, diríjase a la pregunta 12 No, continúe	No
4. ¿Son el lugar de liberación o sus proximidades de alto valor?	Sí, diríjase a la pregunta 5 No, diríjase a la pregunta 9	Sí
5. ¿Hay enfermedades de interés en las especies o lugar de origen?	Sí, indíquelas y diríjase a la pregunta 6 No, diríjase a la pregunta 9	Sí, viruela aviar, malaria aviar y coccidiosis
6. ¿Están estas enfermedades presentes en el sitio de liberación o es probable que lleguen al mismo de forma natural?	Sí para todas, diríjase a la pregunta 9 No para cualquiera, diríjase a la pregunta 7	Viruela – cepa desconocida y, por lo tanto, riesgo desconocido Malaria – sí Coccidiosis – no, específica de especie
7. ¿Es posible que se propaguen si alcanzan este sitio?	Sí para cualquiera, diríjase a la Parte B No para todas, diríjase a la pregunta 8	Viruela – sí – Parte B Malaria – sin datos – ya se encuentra presente Coccidiosis – no
8. ¿Hay algún riesgo para futuras translocaciones?	Sí para cualquiera, diríjase a la Parte B No para todas, diríjase a la pregunta 9	Viruela – sí – Parte B Malaria – no Coccidiosis – no
9. ¿Se han encontrado nuevos <i>agentes patógenos</i> en el lugar de liberación?	Sí, diríjase a la pregunta 10 No, diríjase a la pregunta 12	Desconocido
10. ¿Pueden estos <i>agentes patógenos</i> infectar a sus animales?	Sí, diríjase a la pregunta 11 No, diríjase a la pregunta 12	Desconocido
11. ¿Puede usted justificar si esto sucede?	Sí, diríjase a la pregunta 12 No, diríjase a la Parte B	No
12. Requisitos mínimos, recomendaciones e informes	Obligatorios	Sí



Mapa de la translocación; regiones ecológicas con los lugares de origen y liberación destacados (obtenido del sitio web del Departamento de Conservación (DOC): <http://gis.doc.govt.nz>)

- En el caso 1, la conclusión que se extrae a partir de la HERE es que el riesgo de transmitir o encontrarse con un nuevo *agente patógeno* es bajo, y que la transferencia se puede llevar a cabo con algunos requisitos mínimos para garantizar que las aves transferidas se encuentran «sanas» en el momento del transporte
- En el caso 2, la HERE indica que hay problemas relacionados con la enfermedad que deben evaluarse meticulosamente y mitigarse. Se insta al usuario a que consulte con un veterinario con el fin de obtener más datos y realizar una *evaluación del riesgo* más detallada, además de elaborar un protocolo exhaustivo de mitigación del riesgo.

La translocación se realiza de una región ecológica a otra adyacente. En vista de que las especies y lugares no se encuentran listados como de alta prioridad, no es necesario realizar una evaluación adicional del riesgo de enfermedad.

En este caso:

- las especies y lugares no están listados como de alta prioridad
- la translocación atraviesa muchas regiones ecológicas
- existen riesgos conocidos de enfermedad dentro de la población de origen
- se requiere una evaluación del riesgo de enfermedad más detallada
- se dirige al usuario a la Parte B.

La Parte B del proceso constituye la consulta con un veterinario especialista en *fauna silvestre* para analizar la situación en más detalle y determinar así los riesgos y las medidas de mitigación correspondientes.

● Herramientas 2 y 3: Modelado para la simulación visual a nivel de sistemas – Stella y Vensim

P.S. Miller

Referencias

ISEE Systems. *An Introduction to Systems Thinking with Stella*. Disponible en versión impresa o electrónica en: www.iseesystems.com.

Manual del usuario Vensim Versión 5.11. Disponible en la web: www.vensim.com.

Fuente

Stella, que es un sistema de modelado con simulación visual dinámica del medioambiente. Encontrará una descripción más detallada de este programa en www.iseesystems.com/programas/Education/StellaPrograma.aspx (información disponible en inglés).

Vensim, que es una herramienta para el modelado con simulación gráfica de los sistemas. Encontrará una descripción más detallada de este programa en www.vensim.com/programa.html (información disponible en inglés)

Costo

Se vende en forma de paquetes. En las páginas web mencionadas se publican los precios.

Requisitos de programa

Stella: Windows: Pentium de 233 MHz; Microsoft Windows™ 2000/XP/Vista/7; 128 MB de memoria RAM; 90 MB de espacio en el disco; QuickTime 7.6.5 o versiones anteriores.

Macintosh: Power PC de 120 MHz o Mac con procesador Intel; Mac OS 10.2.8-10.6.8; 128 MB de memoria RAM; 90 MB de espacio en el disco; QuickTime 7.6.4 o versiones anteriores.

Vensim: Vensim funciona con Windows XP y Windows 7. Vensim funciona con Macintosh con System X en modo «Classic».

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se pueden utilizar

Estos paquetes pueden resultar útiles durante el paso de la formulación del problema debido a la estrategia de «nivel de sistemas» que se aplica para visualizar y analizar un tema determinado. Cuando se usan para un modelado más tradicional, también pueden resultar de utilidad durante la *evaluación* y la *gestión del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

El análisis de un problema y la toma de decisiones respecto al mismo empiezan por la visualización del problema. Con Stella y Vensim, esto se logra al convertir el *modelo* mental del usuario en un diagrama gráfico del sistema. El pensamiento reflexivo sobre la naturaleza del sistema y sus componentes, junto con el debate con colegas, lleva a la mejora del realismo y exactitud de la representación visual del sistema. Se puede añadir la caracterización matemática de las relaciones entre los diferentes elementos del sistema, lo cual permite al usuario determinar la naturaleza cuantitativa de esas relaciones y simular posibles futuras situaciones variando las situaciones y los supuestos.

Al iniciar un nuevo *modelo* en estos paquetes informáticos, el usuario comienza con una ventana en blanco en la cual deberá describir el sistema. Se simplifica la construcción del *modelo* con una interfaz de iconos gráficos y con diagramas de «existencias y flujos» que constituyen el lenguaje común de la creación de sistemas y permiten conocer cómo funcionan los sistemas. Un usuario puede crear diagramas de circuitos causales para representar relaciones causales generales mientras se generan automáticamente y aparecen las ecuaciones del modelo. Existen varias herramientas para facilitar la presentación del *modelo*, como animaciones, guiones gráficos y otros elementos gráficos (deslizadores, controles giratorios, conmutadores, etc.). Las simulaciones «ejecutan» lo que ocurre en los sistemas a lo largo del tiempo y el *análisis de sensibilidad* revela cuáles son los factores determinantes del sistema y las condiciones óptimas para la estructura del modelo. Los resultados de estas simulaciones se presentan en forma de gráficos, tablas, animaciones, y videos y archivos en QuickTime.

Lo más destacable de estos programas es que permiten visualizar y analizar casi cualquier sistema imaginable, desde problemas complejos del ámbito de las ciencias físicas hasta los relativos al arte, la literatura o la comunicación humana.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Cuando Stella o Vensim se usan con el propósito de visualizar un sistema en el contexto en el que se ha formulado el problema, prácticamente no requieren ninguna experiencia ni competencias concretas; de hecho, el éxito del proyecto dependerá de la imaginación y creatividad del usuario. Si la finalidad es realizar un análisis cuantitativo detallado, la experiencia requerida es similar a la deseable para la mayoría de modelos de simulación. En concreto, es necesario conocer a fondo la biología y demografía de las especies y la epidemiología y ecología de la enfermedad, y saber llevar a cabo un cálculo y un análisis estadístico de los datos y los resultados del modelo.

Datos necesarios

Para la representación visual de un sistema se requieren pocos datos específicos. Sin embargo, para una *evaluación del riesgo* o una *gestión del riesgo* detalladas se precisa información concreta sobre la demografía de la población de hospedadores, la epidemiología de la enfermedad y las consecuencias de la enfermedad a nivel de la población.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Una de las principales fortalezas de esta herramienta es la visualización del sistema, que contribuye de forma decisiva a que el usuario aprenda a utilizarla. El enfoque abierto y flexible para la construcción y análisis del modelo da lugar a una curva de aprendizaje bastante pronunciada que permite conocer mejor las prestaciones del programa. Una ventaja de Vensim respecto a otros paquetes diseñados con este propósito es el competitivo precio de las versiones PLE y PLE Plus. El tratamiento de la enfermedad puede ser bastante explícito y complejo, y depender casi exclusivamente de la capacidad del usuario. Como ocurre con cualquier programa de modelado, la interpretación específica de los resultados de la simulación depende directamente de la exactitud y realismo de los parámetros entrados.

Ejemplos

Sgrillo *et al.* 2005; Hannon y Ruth 2009 (un libro enfocado al uso de Stella para el modelado dinámico de enfermedad en varias situaciones)

Véase también el Apéndice 8 (pág. 136) de este *Manual*.

● Herramienta 4: Hoja de trabajo del ARE

R.M. Jakob-Hoff

Nombre: Hoja de trabajo del análisis del riesgo de enfermedad.

Referencia

Armstrong *et al.* 2003.

Fuente

La versión original se puede descargar en el sitio web del CBSG (Grupo Especialista en Cría para la Conservación): www.cbsg.org/content/animal-movements-and-disease-risk-5th-edition-2003. Para acceder a la versión actual, contacte con: richard@cbsgaustralasia.org.

Costo

Esta herramienta es de libre acceso.

Requisitos de programa

Microsoft Word, pero también se puede imprimir.

Etapas del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Esta herramienta guía al usuario a través de todo el proceso de *análisis del riesgo de enfermedad* y contiene indicaciones para el uso de herramientas analíticas y para la toma de decisiones en las correspondientes etapas del proceso.

Descripción del uso de la herramienta

La hoja de trabajo está diseñada para que la usen expertos en la gestión de *fauna silvestre* en colaboración con veterinarios y otros profesionales con competencia en enfermedades que afecten a los diferentes grupos taxonómicos de interés. Aunque esta herramienta pueden usarla uno o dos individuos, se obtienen mejores resultados cuando se usa como guía para facilitar el debate con representantes de las partes interesadas. También es de gran utilidad para incluir en estos debates a los responsables de la toma de decisiones. Antes de llevar a cabo los debates en persona, se debe reunir y enviar a los participantes tanta información relevante como sea posible.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Aunque no se requiere ninguna competencia concreta, sí es necesario pensar lógicamente y comunicarse con claridad.

Datos necesarios

- La gestión de la distribución geográfica, del comportamiento, de la ecología y de la conservación de las especies de interés.
- La susceptibilidad a enfermedades de las especies (de *fauna silvestre* y domésticas) de interés en el(los) lugar(es) geográfico(s) objeto de estudio.
- Diagnóstico y opciones de tratamiento de la enfermedad.
- Problemas sociales (p. ej., de salud pública o relacionados con prácticas culturales de la comunidad) y económicos (p. ej., costos de las pruebas de laboratorio) relevantes.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Esta herramienta tiene la ventaja de poder aplicarse a situaciones de ARE específicas. No requiere ningún equipo técnico, o muy poco, y está escrita en lenguaje no técnico. Consiste en una plantilla estructurada para el debate con las partes interesadas y estimula una toma de decisiones transparente, así como la consecución de consensos con los representantes de las partes interesadas durante los talleres.

En su forma actual, presenta cierta desviación hacia las situaciones de translocación de *fauna silvestre* y se limita al *análisis del riesgo cualitativo*, aunque pueden importarse datos cuantitativos que se hayan generado con otras herramientas. Se está desarrollando una versión electrónica, pero todavía no está terminada.

Ejemplos

Jakob-Hoff 2001; Jakob-Hoff 2009.

● Herramienta 5: Técnica de la comparación por parejas para la priorización de los peligros

P.S. Miller and R.M. Jakob-Hoff

Nombre: Técnica de la comparación por parejas.

Referencia

Armstrong *et al.* 2003.

Fuente

Esta publicación se puede descargar en la página web del CBSG (Grupo Especialista en Cría para la Conservación): www.cbsg.org/risk/.

Costo

Esta herramienta es de libre acceso.

Requisitos de software

Ninguno.

Etapas del análisis del riesgo en las que se puede utilizar

Se puede utilizar durante el componente de priorización de la etapa de *identificación del peligro*.

Descripción del uso de la herramienta

Permite ordenar los elementos de una lista según la prioridad, lo cual resulta útil cuando a la persona o al grupo de trabajo le resulta difícil establecer el orden de prioridad en una lista de enfermedades.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

No se requiere ninguna competencia específica, pero alguien tiene que facilitar el debate en el grupo de trabajo.

Datos necesarios

Una lista inicial de los posibles peligros.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Se trata de una herramienta para el *análisis del riesgo cualitativo* que ayuda a los grupos de trabajo a establecer un orden de los peligros a partir de un consenso. Así, se logra que el grupo llegue a tal consenso y establezca dicho orden de forma *transparente*. La limitación es que la lista generada estará basada únicamente en el conocimiento y las competencias de los presentes, lo cual deberá tenerse en cuenta.

Casos

El mecanismo en el que se basa esta técnica es muy simple. Como ejemplo, se presenta a continuación una lista de tres enfermedades que afectan a los gatos domésticos:

1. Liste las enfermedades en cualquier orden:

Panleucopenia felina
Tuberculosis
Toxascaris

2. Defina los criterios según los cuales comparará las enfermedades. Por ejemplo: efecto en el individuo, posible efecto en la población silvestre, grado de transmisibilidad, etc.

3. Compare la primera enfermedad de la lista con la segunda y decida cuál es más importante según el criterio que ha definido. Marque con una X la enfermedad que considere más importante, como se muestra a continuación:

Panleucopenia felina	X
Tuberculosis	
Toxascaris	

4. Compare la primera enfermedad de la lista con la tercera, decida cuál es más importante según el criterio establecido y márcuela con una X (si en la casilla escogida ya había una X, añada otra):

Panleucopenia felina	XX
Tuberculosis	
Toxascaris	

5. Compare la segunda enfermedad de la lista con la tercera y repita el ejercicio, marcando con una X la enfermedad que considere más importante según su criterio:

Panleucopenia felina	XX
Tuberculosis	
Toxascaris	X

6. Repita este proceso hasta que todas las enfermedades de la lista hayan sido comparadas con todas las demás, una por una. A continuación, sume el número de X de cada enfermedad y elabore de nuevo la lista, por orden decreciente de número de X:

Panleucopenia felina	XX	2
Toxascaris	X	1
Tuberculosis		0

Este ejercicio puede realizarlo una sola persona, un grupo de trabajo de manera colectiva, o cada miembro del grupo de trabajo individualmente.

● Herramienta 6: Modelos gráficos

V. Dove

Otros nombres: *modelos* epidemiológicos gráficos; *modelos* conceptuales; diagramas causales; redes causales.

Referencias

Dohoo *et al.* 2003; Murray *et al.* 2004; Thrusfield 2005.

Fuente

Esta herramienta la puede diseñar y construir la persona o el equipo que esté llevando a cabo el ARE.

Costo

Sin costo si se diseña en el ordenador mediante PowerPoint o bien con papel y lápiz. También existe un programa de libre acceso denominado Miradi.

Requisitos de software

Se puede construir fácilmente con PowerPoint o empleando programas como Miradi (<https://miradi.org>).

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Estos *modelos* gráficos, que se pueden utilizar para análisis tanto cualitativos como cuantitativos, permiten determinar qué factores intervienen en la *evaluación del riesgo* y constituyen un recurso fundamental que puede emplearse en las fases de *identificación del peligro*, *gestión del riesgo* y *comunicación acerca del riesgo* del ARE.

Descripción del uso de la herramienta

En la Figura 11 se presenta un esquema del proceso del ARE, así como las vías biológicas involucradas (Figs. 12 y 13), lo cual constituye una útil forma de visualizar el tipo de vías que debe tenerse en cuenta en un ARE.

Dado que las enfermedades siempre son multifactoriales, puede resultar difícil visualizar todos los factores en juego. Pero con una red causal, en la que se incluyan causas tanto directas como indirectas (Dohoo *et al.* 2003), o mediante un diagrama causal (Thrusfield 2005), se puede mostrar de qué forma se combinan estos múltiples factores para causar la enfermedad.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Para usar esta herramienta no se requiere ninguna competencia concreta.

Datos necesarios

Para poder elaborar una red causal, es necesario conocer la epidemiología de la enfermedad, incluidos los factores relacionados con el hospedador, el medio ambiente y el agente patógeno. Para ello, se deberá realizar una exhaustiva revisión bibliográfica de los peligros correspondientes.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Strengths (Murray *et al.* 2004):

- Permite identificar todas las variables.
- Permite determinar la relación entre las variables.
- Asegura una secuencia lógica de sucesos.
- Provee un marco para la cuantificación y el modelado matemático.
- Asegura la *transparencia* y exactitud con *estimación del riesgo* para análisis cualitativos.
- Ayuda en la comunicación de la estructura del *modelo*.
- Clarifica las ideas y facilita la comprensión del problema.

Para que este proceso sea exacto, debe estudiarse a fondo, ya que la totalidad del ARE se basa en estos datos. Por lo tanto, si se ignoran o excluyen accidentalmente variables, la validez del ARE puede resultar gravemente afectada.

Casos

Se puede consultar un excelente ejemplo de red causal (Thrusfield [2005], Fig. 3.6, pág. 42).

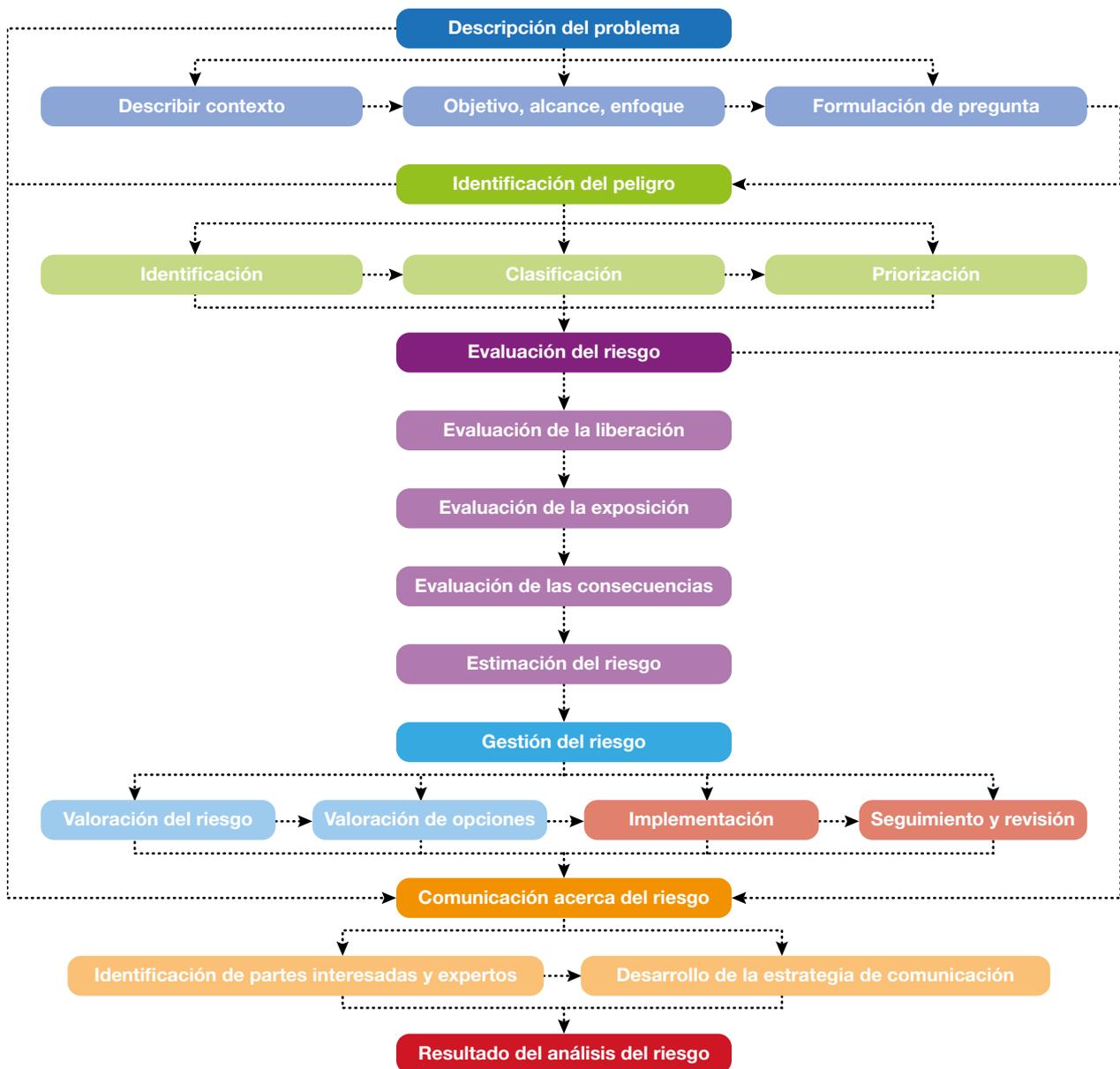


Fig. 11
Modelo conceptual del proceso genérico de análisis del riesgo de enfermedad

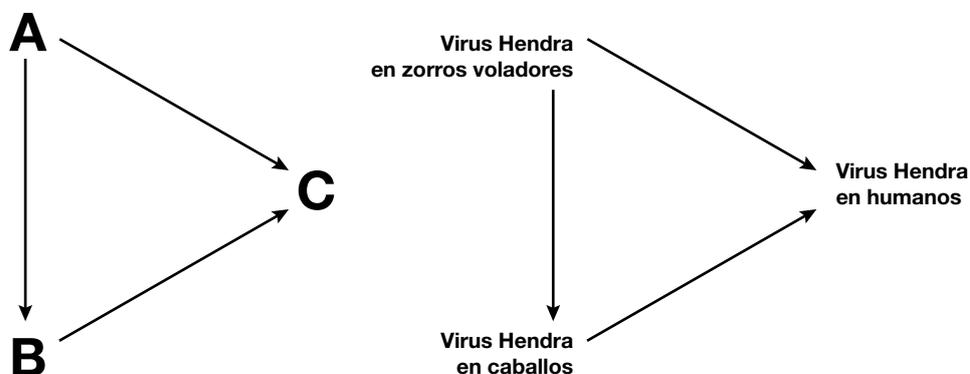


Fig. 12
Diagrama de rutas con asociaciones causales directas e indirectas (A con C)
Adaptado de Thrusfield (2005)

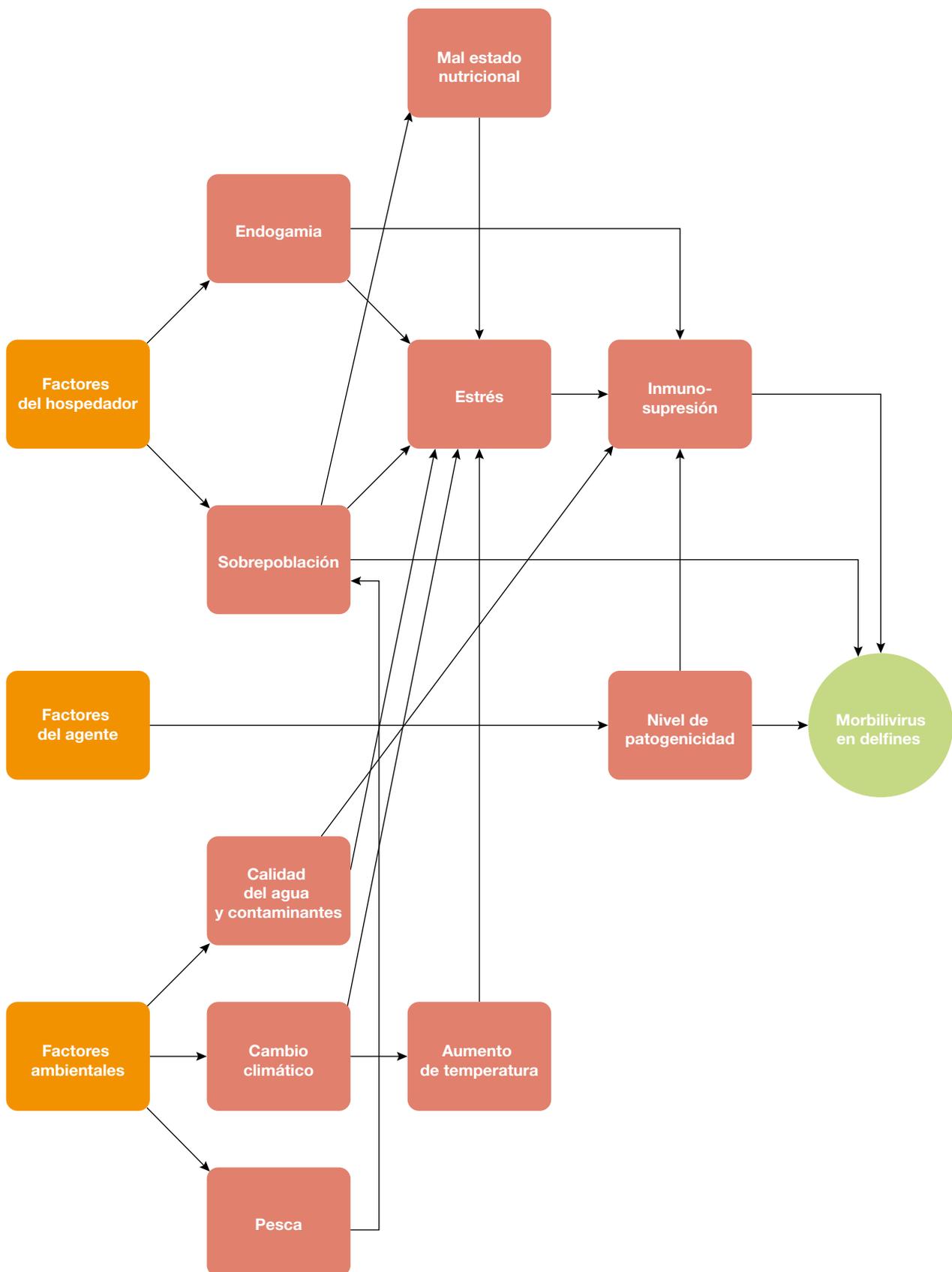


Fig. 13
Modelo de red causal aplicable a la infección por morbilivirus en cetáceos

La Figura 13 muestra una red causal aplicable a la infección por morbilivirus en delfines. Se construyó fácilmente con el programa Miradi

● Herramienta 7: Árbol de decisiones

V. Dove

Referencias

Marsh 1999; Noordhuizen 2001.

Fuente

Esta herramienta la diseña y construye la persona o el equipo que esté llevando a cabo el ARE.

Costo

De realizarse manualmente, no tiene ningún coste. El programa DATA ayuda a crear los árboles de decisiones y simplifica el proceso (véase www.treeage.com/). El costo es entre moderado y alto, pero el fabricante ofrece precios reducidos para estudiantes. Otro programa útil es Precision Tree (véase www.palisade.com/precisiontree/). Tiene un costo alto y puede comprarse junto con otros cinco programas para el análisis del riesgo, que en conjunto se conocen como Decision Tools Suit e incluyen el programa @Risk. Los precios se pueden consultar en la página web: www.palisade.com/decisiontools_suite/save.asp

Requisitos de software

Puede realizarse de manera manual con lápiz y papel, a través de Microsoft Office (Excel y PowerPoint), o con los programas mencionados en el apartado anterior.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Los árboles de decisiones se pueden usar cualitativa y cuantitativamente y son especialmente útiles para los pasos de *identificación del peligro*, *gestión del riesgo* y *comunicación acerca del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

El análisis que se lleva a cabo a partir de un árbol de decisiones constituye una estrategia formal y estructurada para la toma de decisiones en la que se tienen en cuenta los elementos de *incertidumbre* (Marsh 1999). Estos análisis nos permiten modelar sucesos aleatorios que a veces están relacionados con decisiones complejas. Los gráficos exponen el flujo de sucesos de forma estructurada, secuencial y lógica (Noordhuizen 2001). En el primer nodo de un árbol de decisiones (recuadro rectangular) cada rama lleva a un nodo terminal o a un nodo de probabilidad. La ruta se determina mediante el denominado sistema de retroceso, en el cual se multiplica el valor monetario de cada nodo terminal por la probabilidad del nodo de probabilidad siguiente (Marsh 1999). Las

probabilidades pueden consultarse en la bibliografía, en estudios en campo o a expertos. Si para la toma de decisiones se precisan *pruebas de diagnóstico*, se precisan otros datos, como la sensibilidad, la especificidad y los *valores predictivos* de las pruebas en cuestión, ya que estos parámetros guardan relación con la probabilidad de que aparezcan los sucesos de las listas del árbol de decisiones (Noordhuizen 2001). Para construir un árbol de decisiones correcto, deben determinarse todas las posibles vías de solución del problema.

Los cuatro pasos siguientes pueden utilizarse como guía para construir un árbol de decisiones:

1. Dibujar el árbol de decisiones usando recuadros para representar las decisiones y círculos para representar la incertidumbre.
2. Evaluar el árbol de decisiones para asegurarse de que se incluyen todos los resultados posibles.
3. Calcular los valores del árbol de derecha a izquierda.
4. Calcular los resultados de los nodos de incertidumbre multiplicando el valor de los resultados por su probabilidad (es decir, por los valores esperados).

Se muestra un hipotético árbol de decisiones en la Figura 14.

Valor estimado (VE)

- VE vacunación vivos = $0,83 \times (300-20) = \$232,40$
- VE vacunación muertos = $0,17 \times (-200-20) = -\$37,40$
- VE (vacunación) = \$195
- VE No vacunación vivos = $0,54 \times 300 = \$162$
- VE No vacunación muertos = $0,46 \times -200 = -\$92$
- VE (No vacunación) = \$70.

A título ilustrativo, en este ejemplo se asignó a la *fauna silvestre* un valor hipotético de 300\$, que puede representar el valor de la especie en una instalación para animales en cautiverio o en un programa de reproducción, así como en proyectos de conservación, ecoturismo, etc. A las especies de *fauna silvestre* que murieron también se les asignó un valor hipotético basado en las necropsias, las muestras obtenidas, la pérdida de biodiversidad, etc.

Suponiendo que el valor estimado y las probabilidades sean correctos, en este ejemplo la *vacunación* resultó ser más rentable.

Pero los árboles de decisiones pueden ser más complejos, como se muestra en la Figura 15.

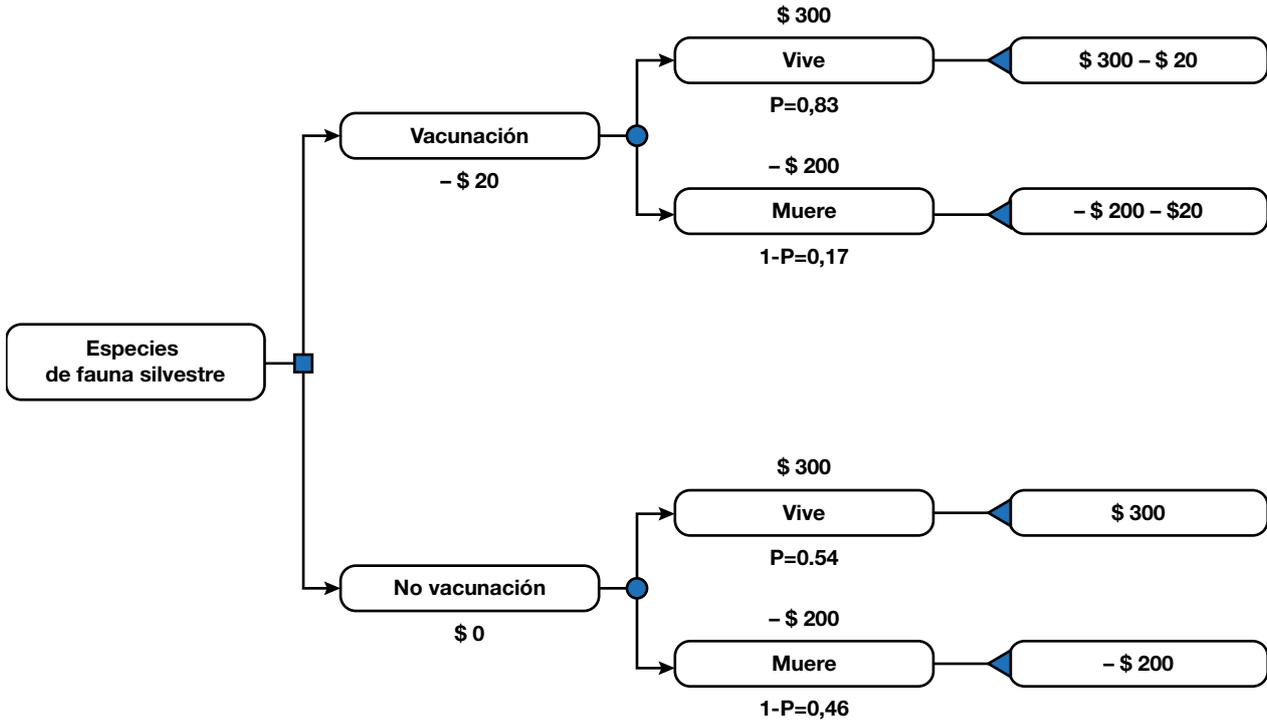


Fig. 14
Árbol de decisiones para la evaluación de la vacunación como estrategia de control

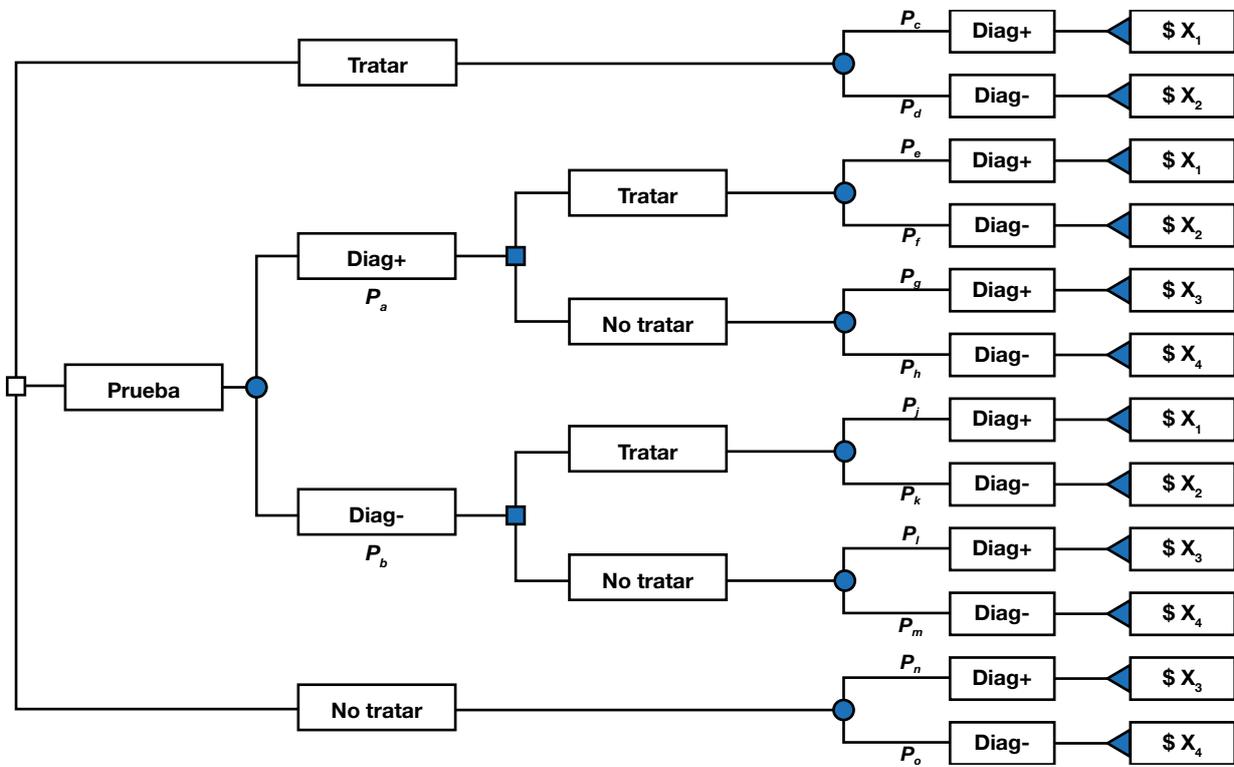


Fig. 15
Ejemplo de árbol de decisiones más complejo
Donde $p(a-o)$ = probabilidad; y X = valor en dólares.

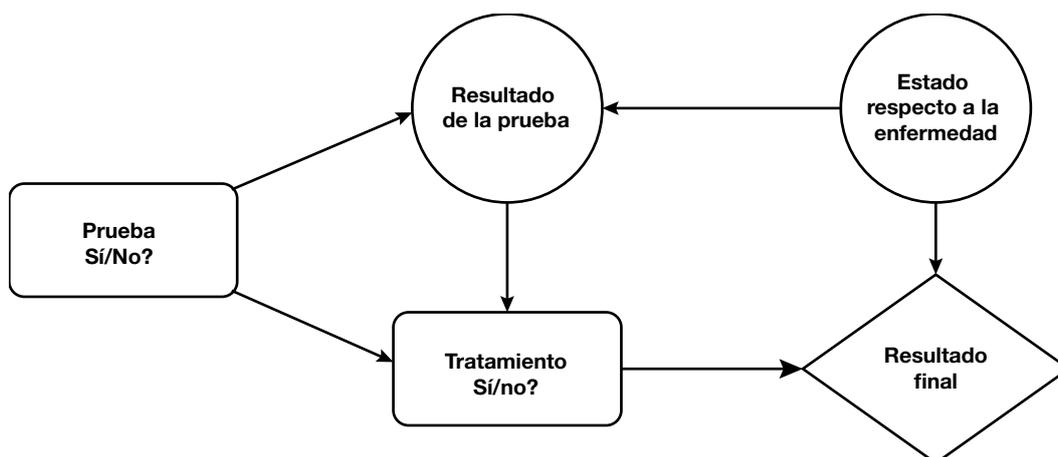


Fig. 16
Diagrama de influencias que complementa al árbol de decisiones de la Fig. 15

En el caso de árboles de decisiones complejos, como el de la Figura 15, se aconseja construir un diagrama de influencias para simplificar el proceso en la toma de decisiones y contribuir a la comunicación del análisis. En la Figura 16 se muestra un ejemplo del diagrama de influencias que correspondería al árbol de la Figura 15.

Los diagramas de influencias se explican en la siguiente plantilla de herramientas.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Resulta ventajoso disponer de conocimientos sobre el cálculo de probabilidades.

Datos necesarios

Para construir un árbol de decisiones correcto es necesario conocer bien los peligros en cuestión y saber cuáles son los posibles resultados de cada suceso. Los datos epidemiológicos para el análisis cuantitativo deben ser de calidad, como por ejemplo, la probabilidad de que tenga lugar el peligro en cuestión, la especificidad y sensibilidad de las pruebas o la *prevalencia* de la enfermedad.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Los árboles de decisiones son útiles para:

- mostrar claramente los diferentes resultados de manera que puedan evaluarse todas las opciones
- realizar un análisis completo de las posibles consecuencias de una decisión
- cuantificar los valores de los resultados y las probabilidades de que tengan lugar

- tomar las mejores decisiones en función de la información existente y de la opinión de los expertos.

Los árboles de decisiones pueden ser muy complicados en la descripción de las ramas y los nodos, lo que puede suponer una desventaja de esta herramienta. Para aportar simplicidad y transparencia a la toma de decisiones, pueden usarse junto con diagramas de influencias. Véase la descripción de la herramienta diagramas de influencias.

Ejemplos

Marsh (1999) ofrece un buen ejemplo de árbol de decisiones en la Fig. 1, pág. 363 de su artículo.

● Herramienta 8: Diagramas de influencias

V. Dove

Referencias

Nease y Owens 1997; Murray *et al.* 2004; Ricci 2006.

Fuente

Esta herramienta la desarrolla y construye la persona o el equipo que esté llevando a cabo el ARE, ya sea manualmente o con la ayuda de programas informáticos.

Costo

Si se elabora manualmente, no tienen costo alguno. Los programas existentes son los siguientes:

- Analytica, que crea modelos de decisión y puede utilizarse para construir diagramas de influencias www.lumina.com.

El precio de estos programas se puede consultar en los sitios web correspondientes.

Requisitos de software

Ninguno cuando se realiza manualmente, aunque pueden emplearse las aplicaciones de Microsoft Office o los programas mencionados anteriormente.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Los diagramas de influencias pueden usarse en la *evaluación del riesgo cuantitativa* y en la cualitativa, y son especialmente útiles en la *identificación de los peligros*, la *gestión del riesgo* y la *comunicación acerca del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

Los diagramas de influencias constituyen una herramienta de modelado conceptual para el desarrollo de *modelos* de decisión y resultan útiles como alternativas gráficas a los árboles de decisiones, que en ocasiones pueden ser bastante complejos. Estos diagramas representan de forma gráfica y compacta las relaciones causales entre las decisiones, los factores externos, la incertidumbre y los resultados. Básicamente, muestran el modo en el que distintas variables interaccionan entre ellas y representan las relaciones probabilísticas entre los parámetros del *modelo*. Los diagramas de influencias son matemáticamente equivalentes a los árboles de decisiones. Sin embargo, cuando se usan juntos pueden ser complementarios, especialmente para representar relaciones probabilísticas entre las variables de un modelo de decisión (Nease y Owens 1997). Estos autores presentan cinco principios importantes para la estructuración de una decisión en forma de diagrama de influencias:

1. Comenzar en el nodo de valor y retroceder hasta los nodos de decisión.
2. Dibujar los arcos en la dirección que haga más fácil valorar las probabilidades.
3. Usar los arcos de información (terminando en un nodo de decisión) para especificar qué sucesos se habrán observado en el momento en que se tome cada decisión.

4. Asegurar que los arcos que falten reflejen declaraciones de intención sobre la independencia condicional y el momento de las observaciones.
5. Asegurar que no haya ciclos en el diagrama de influencias.

Los diagramas de influencia tienen cuatro tipos de nodos y dos tipos de arcos:

- *Nodo de decisión*: rectángulo
- *Nodo de probabilidad* (variables/incertidumbre): círculo u óvalo
- *Nodo determinístico*: doble círculo u óvalo
- *Nodo de valor* (resultados/consecuencias): diamante o rectángulo con bordes redondeados
- *Arcos condicionales o de influencia*: van a un nodo de probabilidad
- *Arcos de información*: van a un nodo de decisión

En la Figura 17 se muestra un diagrama de influencias simple, mientras que en la Figura 18 se muestra un ejemplo más complejo de un *análisis del riesgo* publicado. Este último ilustra el riesgo de introducir y establecer el virus de la bursitis infecciosa tras la importación de carne de pollo a Nueva Zelanda (Autoridades Competentes del Ministerio de Agricultura y Silvicultura 1999). A pesar de ser una representación útil de una compleja serie de sucesos, en esta figura no se ha aplicado la convención descrita arriba relativa a los diferentes tipos de nodos.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Conocimientos sobre el cálculo de probabilidades.

Datos necesarios

Se requiere conocer bien los peligros en cuestión; un diagrama de influencias debe construirse a partir de los datos que se hayan obtenido con el cálculo de probabilidades.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Los diagramas de influencias ofrecen varias fortalezas en la estructuración de decisiones a partir de la *evaluación del riesgo*.

- Permiten estructurar el *modelo* de tal forma que se facilitan las evaluaciones de la probabilidad requeridas, ya estén basadas en evidencias o en la opinión de expertos.

- Son útiles para:
 - facilitar la comunicación entre técnicos expertos, responsables de la toma de decisiones y demás partes interesadas
 - integrar en la toma de decisiones datos de diferentes fuentes de información
 - motivar el pensamiento crítico y disciplinado sobre las relaciones entre causas y efectos
 - ser explícito acerca de la *incertidumbre*, haciendo énfasis en las hipótesis divergentes y facilitando el debate sobre ellas
 - estructurar el modelado cuantitativo posterior
 - documentar los fundamentos para la transparencia de la *evaluación del riesgo* y fomentar dicha *transparencia*

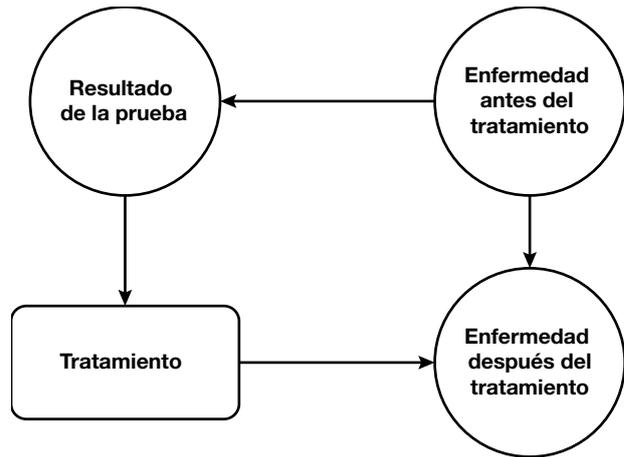


Fig. 17
Ejemplo de diagrama de influencias esquemático
Tratamiento: nodo de decisión
Resultado de la prueba, Estado respecto a la enfermedad: nodos de probabilidad
Flechas que van a tratamiento: arco de información
Flechas que van a nodos de probabilidad: arcos condicionales

Algunos errores frecuentes al construir diagramas de influencias son los siguientes:

- confundirlos con diagramas de flujo, que son de tipo secuencial
- construirlos con muchos nodos de probabilidad que apunten a un nodo primario de decisión
- incluir ciclos (rutas circulares entre los distintos nodos)

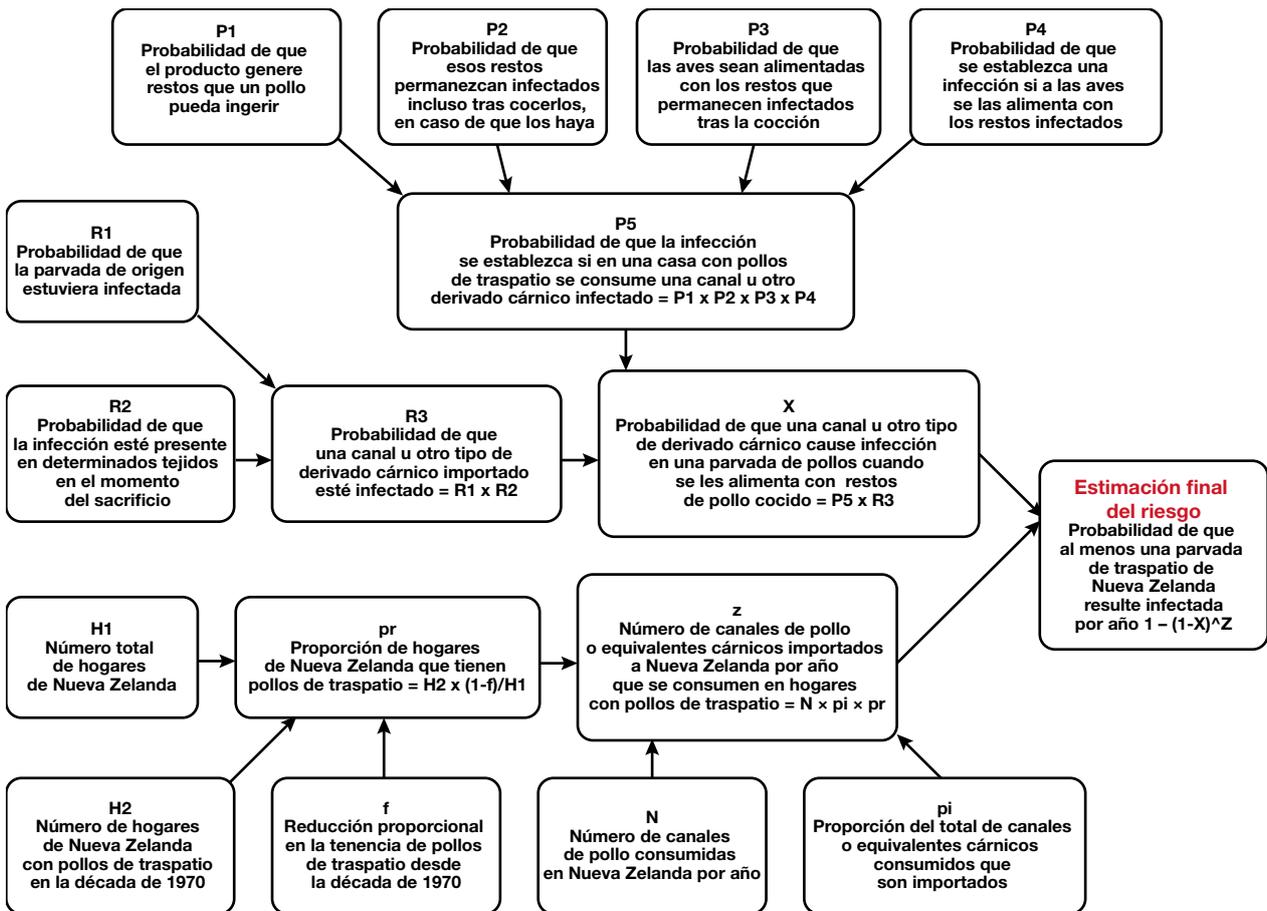


Fig. 18
Ejemplo de diagrama de influencias complejo (Autoridades Regulatoras del Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda 1999)

De Murray *et al.* (2010). – Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products, Volume 2. Quantitative Risk Analysis, 2ª Ed. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París

Ejemplos

Autoridades Competentes del Ministerio de Agricultura y Silvicultura de Nueva Zelanda 1999.

Anónimo. – Difference between decision tree and decision table. Disponible en inglés: www.doc.ic.ac.uk/~frk/frank/da/9.Influence%20Diagrams.pdf.

● Herramienta 9: Árbol de fallos

V. Dove

Referencias

Salman *et al.* 2003; Risebro *et al.* 2005

Veseley W.E., Goldberg F.F., Roberts N.H. y Haasl D.F. (1981). – Comisión Reguladora Nuclear de EE.UU.: Fault Tree Handbook. www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0492/sr0492.pdf. Esta referencia incluye un interesante capítulo en el que se explica claramente la lógica del árbol de fallos y cómo usar este modelo cualitativo.

Fuente

Esta herramienta debe desarrollarla el equipo del ARE.

Costo

Acceso libre.

Requisitos de software

Ninguno. También se puede diseñar con PowerPoint.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Normalmente se usa en *modelos* cualitativos, pero también se puede utilizar en evaluaciones cuantitativas durante los pasos de *identificación del peligro*, *gestión del riesgo* y *comunicación acerca del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

El análisis mediante un árbol de fallos permite conocer en qué puede fallar un sistema complejo, así como calcular las tasas de fallo globales a partir de las tasas de fallo de cada componente. Los árboles de fallos parten de la aparición de un peligro (Fig. 19) y desde ahí retroceden hasta determinar y describir los sucesos que tienen que haber ocurrido para que el peligro apareciera, utilizando puertas lógicas tales como «Y» u «O». Así, se establece un marco para calcular la probabilidad de un suceso a partir de las condiciones o sucesos que llevan a la aparición del mismo.

Risebro *et al.* (2005) describen el análisis mediante árbol de fallos como una técnica diagramática de *evaluación del riesgo* que sirve para determinar la secuencia y la interrelación de posibles sucesos que llevan a un resultado indeseable (en este caso, un brote). Avanzando «de arriba hacia abajo», se determina qué condiciones dan lugar a un resultado indeseable hasta que se averiguan las causas básicas. Todos los sucesos están unidos por una serie de ramas y puertas. Una puerta «Y» requiere que tengan lugar todos los sucesos, mientras que la «O» requiere que tengan lugar uno o más. Generalmente, se determina qué sucesos son posibles y se les asignan probabilidades. Terminado este paso, el *modelo* de árbol de fallos cualitativo se puede usar cuantitativamente.

Salman *et al.* (2003) presentan un buen ejemplo de árbol de fallos aplicado a sistemas de vigilancia de enfermedades de los animales.

La Figura 19 es un ejemplo hipotético de un árbol de fallos donde el peligro es el «Brote de enfermedad» en animales seleccionados para translocación. Los sucesos que dan lugar a un brote de enfermedad son los siguientes: la translocación de animales positivos Y la infección por el agente patógeno de animales susceptibles nunca antes expuestos. En el proceso de detección de la enfermedad, los sucesos que llevan a que un animal positivo sea trasladado son los siguientes:

- la primera *prueba de detección* falla, y
- la segunda *prueba de detección* falla, y
- la *cuarentena* falla.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Esta herramienta se usa a menudo en el campo de la ingeniería pero no es frecuente en las evaluaciones del riesgo en animales, aunque sí se describe en algunas publicaciones médicas. Para aplicarla con éxito es necesario comprender las puertas lógicas «Y» y «O». También se precisa un mínimo de experiencia.

Datos necesarios

Es necesario conocer bien el peligro para poder incluir en el *modelo* todas las posibles situaciones de fallos. Para un modelado cualitativo se precisan muy pocos datos, pero para el cuantitativo serán necesarios los datos que se obtengan con el cálculo de probabilidades.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Para construir árboles de fallos y para que el análisis sea correcto, deben observarse varias reglas y el usuario debe conocer la secuencia de sucesos. Cuando se usan correctamente, constituyen una herramienta muy útil, mientras que si se cometen errores durante la elaboración, el análisis puede resultar defectuoso

Casos

Risebro *et al.* 2005.

● Herramienta 10: Árbol de situaciones

V. Dove

Referencia

MacDiarmid y Pharo 2003.

Fuente

Esta herramienta la diseña y desarrolla la persona o equipo que lleve a cabo el ARE. Los árboles de situaciones son fáciles de crear; el usuario puede consultar la publicación de MacDiarmid y Pharo (2003), en la que se detallan claramente los distintos pasos.

Costo

Gratuito.

Requisitos de software

Ninguno.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

En estos *modelos* gráficos se representan los factores involucrados en la *evaluación del riesgo* y constituyen un recurso fundamental que sirve de guía durante la *evaluación del riesgo*; se pueden utilizar cualitativamente y cuantitativamente en la *identificación del peligro*, la *gestión del riesgo* y la *comunicación acerca del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

Los árboles de situaciones son representaciones gráficas que esquematizan las diferentes vías biológicas de los sucesos esperados que dan lugar a un resultado definido. Así, esta herramienta visual provee un mapa conceptual para la *evaluación del riesgo*, durante la cual resulta útil porque facilita la *transparencia* y la *comunicación de los riesgos* con las partes interesadas de una manera simple, lógica y eficiente.

Pueden elaborarse árboles de situaciones para los tres pasos siguientes de la *evaluación del riesgo*:

- *evaluación de la liberación*
- *evaluación de la exposición*
- *evaluación de las consecuencias*.

Los árboles de situaciones comienzan con un suceso inicial tal como:

- seleccionar una muestra de animales que se analizarán mediante pruebas de diagnóstico y que puedan estar infectados por el *agente patógeno* o el *peligro* de interés
- exposición a la enfermedad.

El árbol de situaciones tiene ramas que indican las distintas vías que conducen a cada resultado, como las siguientes:

- aceptar animales (por ejemplo, para la translocación, la exportación, la cría en cautividad, etc.) que den negativo en una prueba de detección de un agente patógeno
- vías que conducen a un brote de enfermedad o a otros resultados específicos.

Los siguientes ejemplos de árboles de situaciones (Figs. 20 a 25) dan una idea general de cómo se pueden utilizar estas herramientas y cómo se adaptan a las diferentes circunstancias.

El árbol de situaciones para la evaluación de una consecuencia que se muestra en la Figura 25 indica las vías que llevan a un brote (consecuencia en cuestión) de enfermedad en los animales seleccionados para una translocación.

Estas herramientas pueden usarse para llevar a cabo *evaluaciones del riesgo cualitativas*, como se muestra en los ejemplos anteriores, o *evaluaciones del riesgo cuantitativas*. La diferencia entre estos dos tipos de *evaluación del riesgo* es que en los análisis cuantitativos se incluyen nodos de probabilidad.

Ejemplo de un árbol de situaciones (con nodos de probabilidad)

Puede emplearse el árbol de situaciones que se usa en el análisis cualitativo añadiendo nodos de probabilidad, como se muestra en la Figura 26.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

No se requiere ninguna competencia concreta para usar esta herramienta en análisis cualitativos, pero sí es necesario conocer a fondo el peligro en cuestión. Para el análisis cuantitativo, se precisan conocimientos sobre el cálculo de probabilidades.

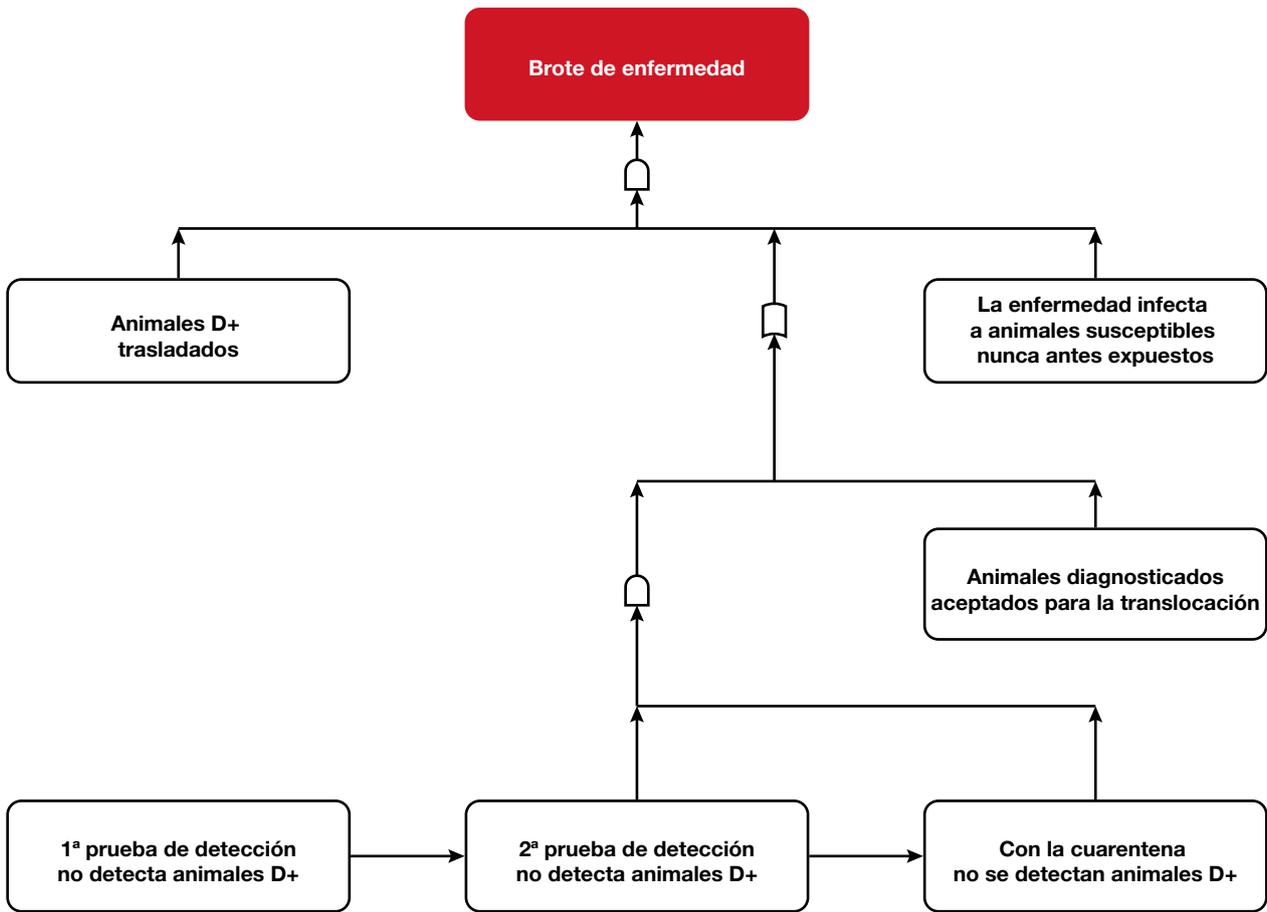


Fig. 19
Árbol de fallos en el que se comprueba qué errores deben cometerse para que se produzca el brote

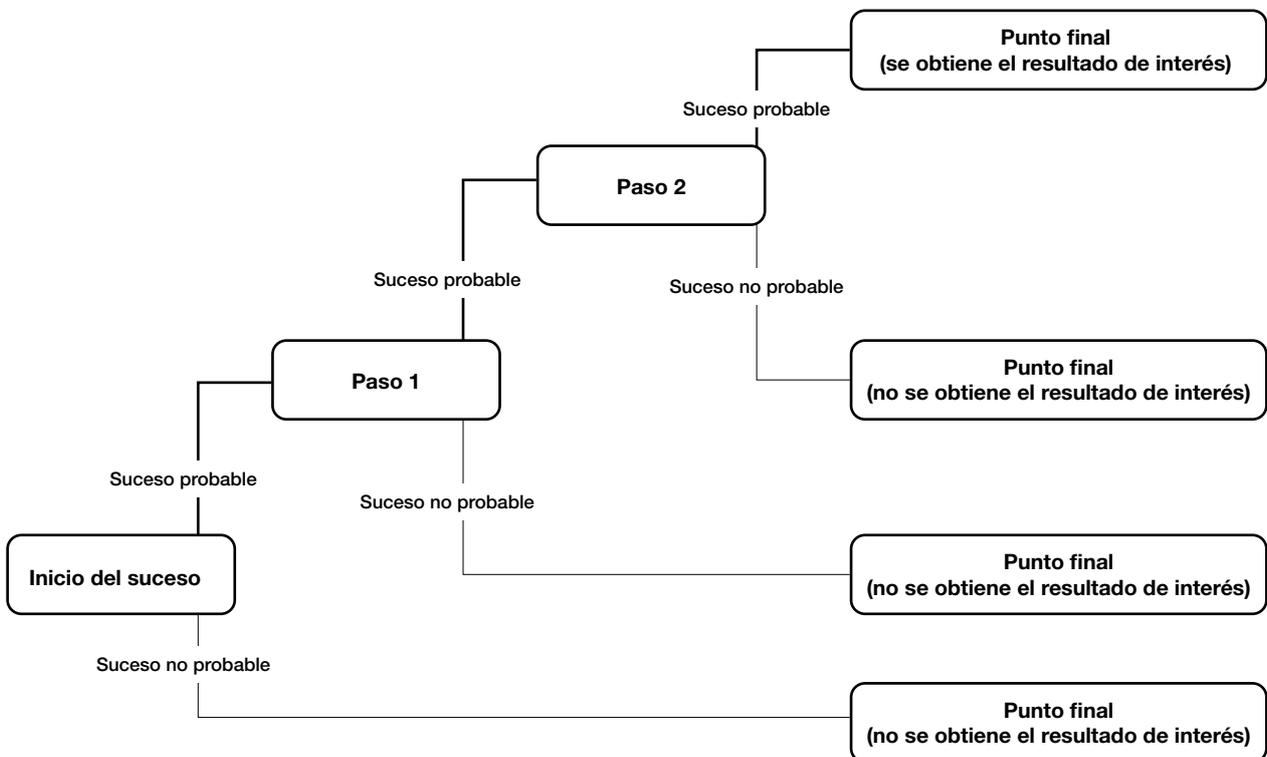


Fig. 20
Ejemplo de esquema útil para construir un árbol de situaciones (MacDiarmid y Pharo 2003)

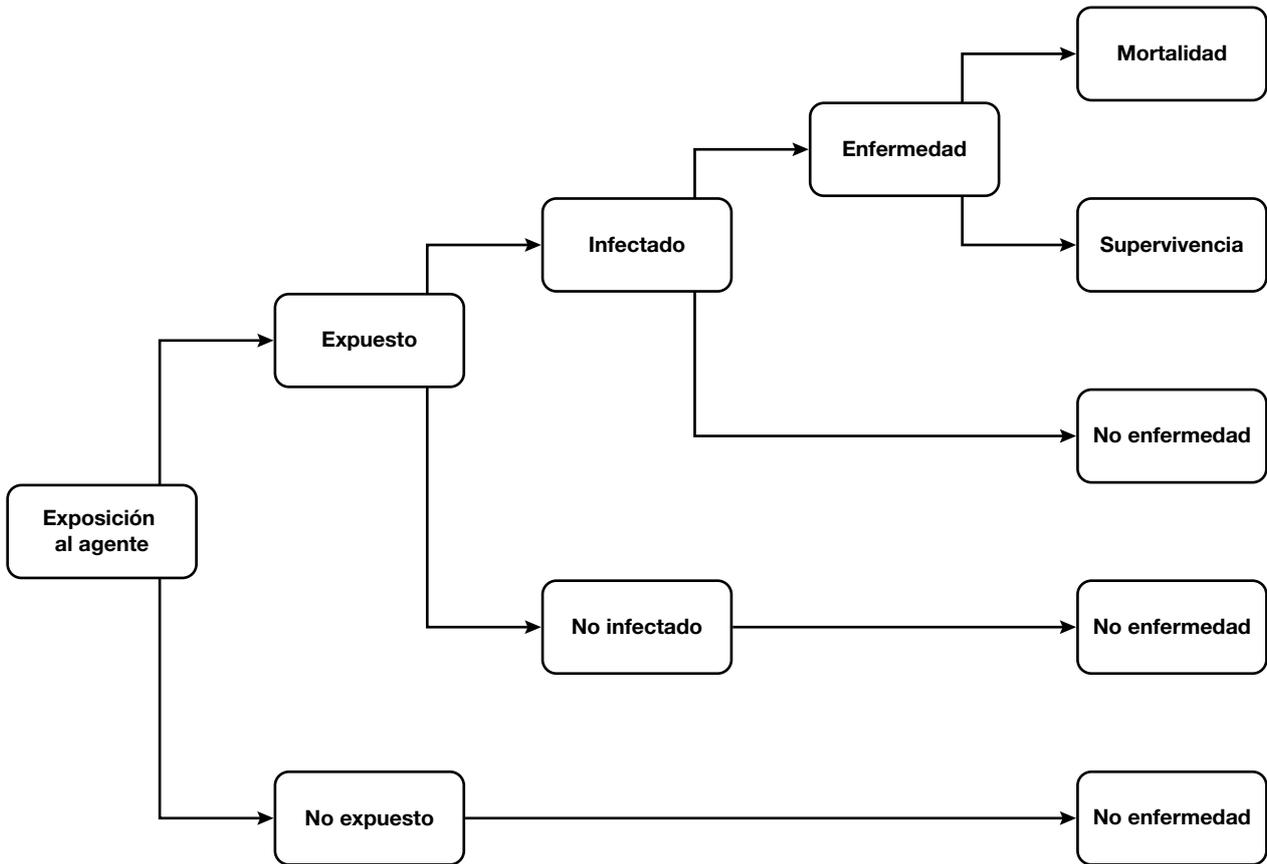


Fig. 21
Árbol de situaciones en el que se muestran los sucesos que pueden dar lugar a enfermedad

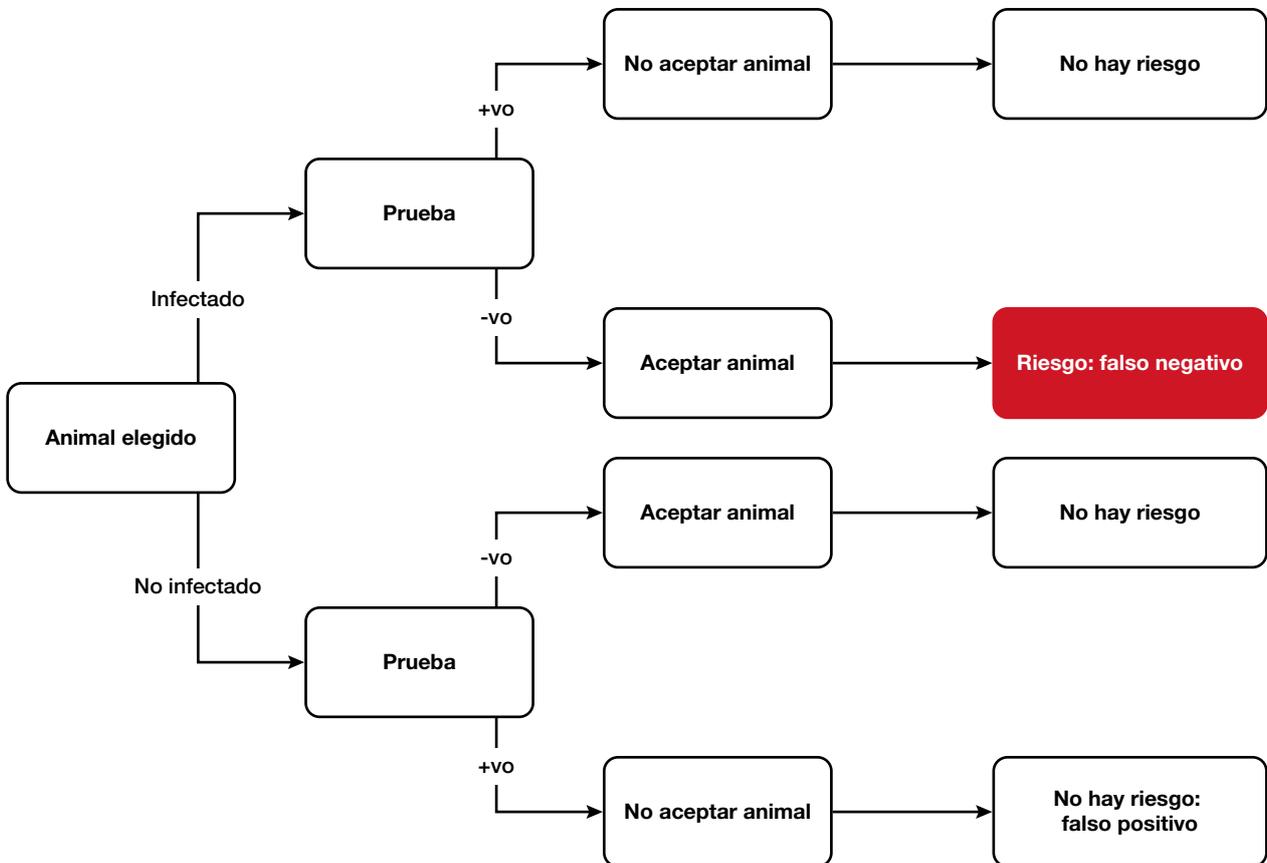


Fig. 22
Árbol de situaciones en el que se muestran los sucesos que pueden dar lugar a un brote de enfermedad

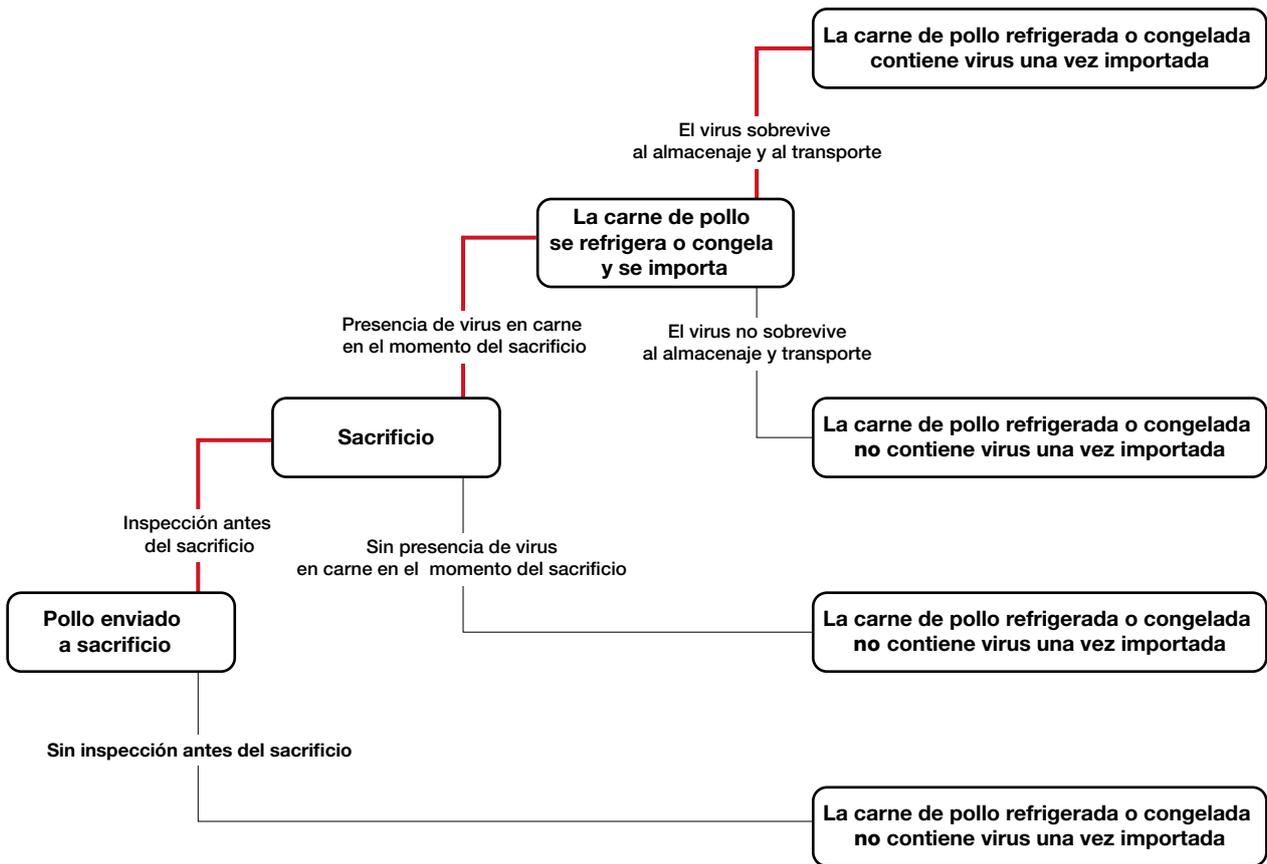


Fig. 23
Árbol de situaciones para la evaluación de la liberación (MacDiarmid y Pharo 2003)

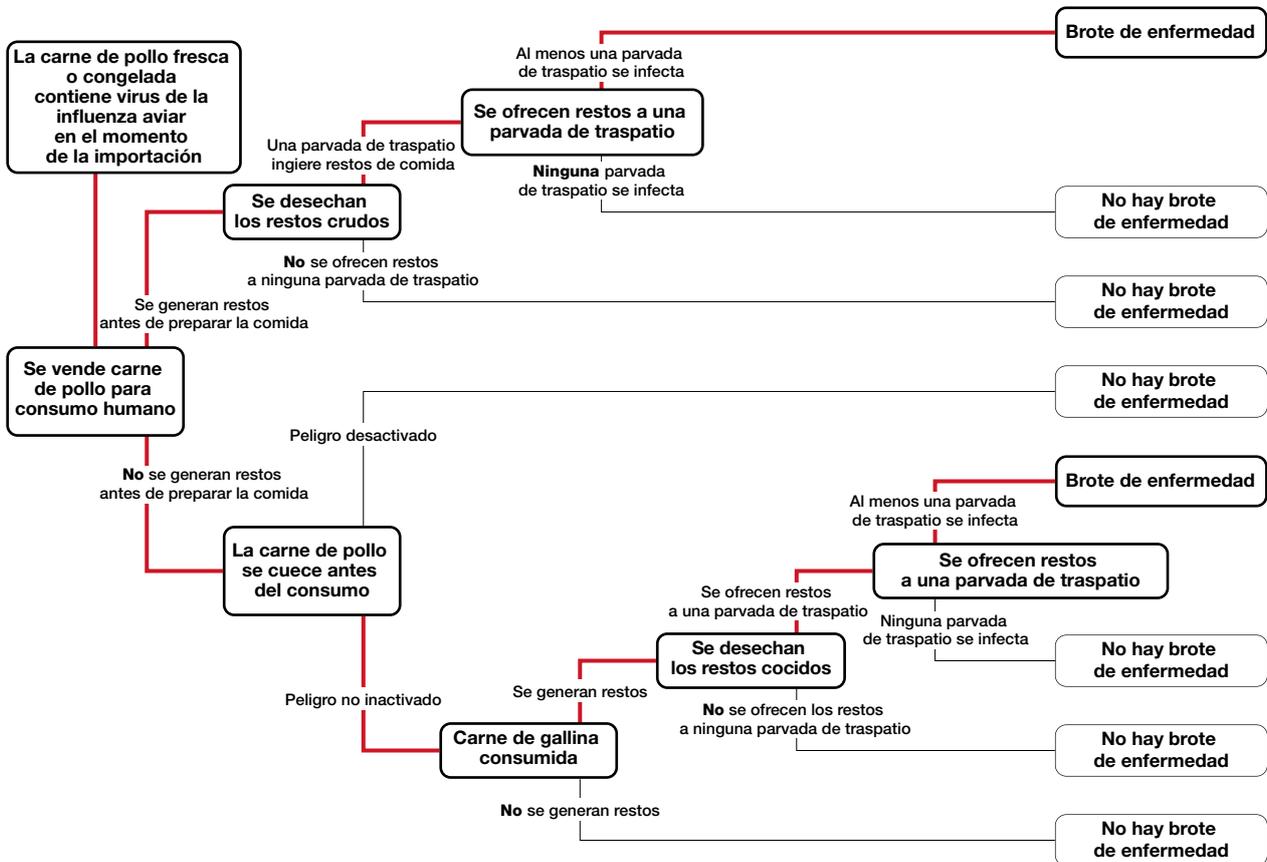


Fig. 24
Árbol de situaciones para una evaluación de la exposición
De MacDiarmid y Pharo (2003), *Revista Científica y Técnica* de la OIE, 22 (2)

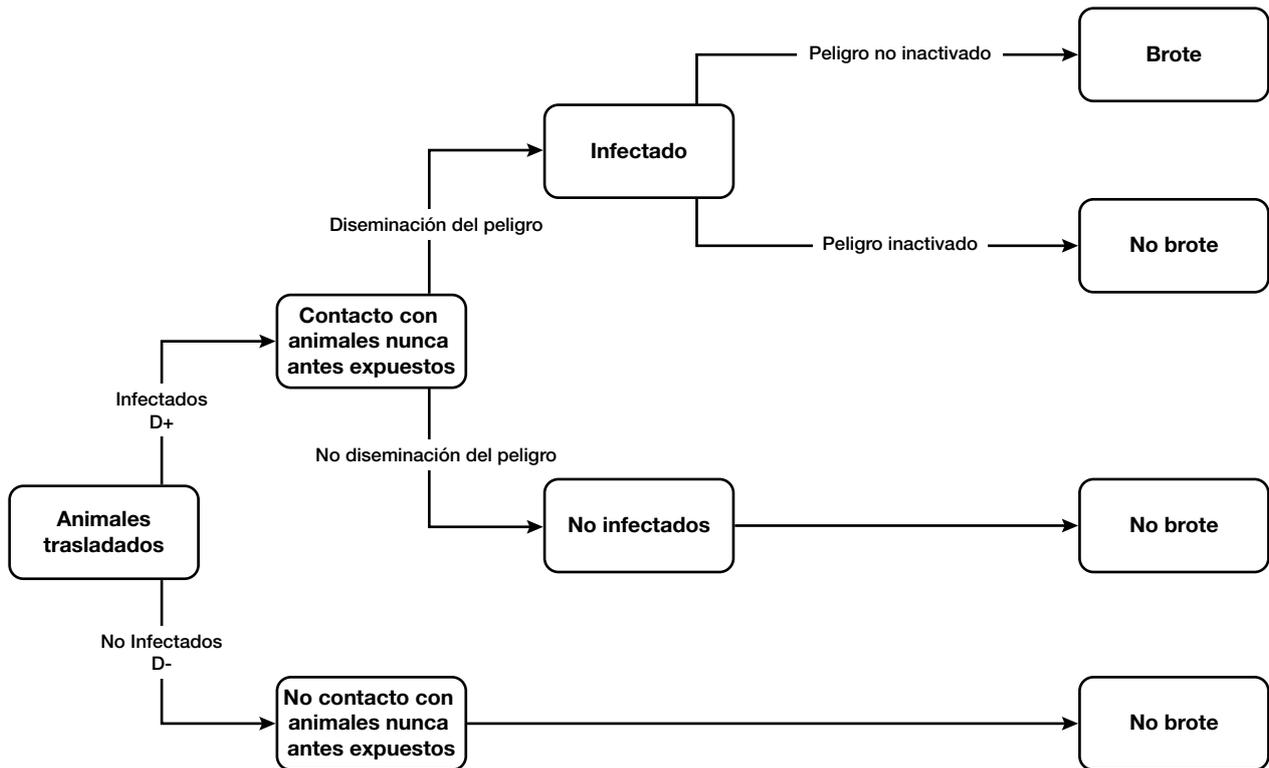
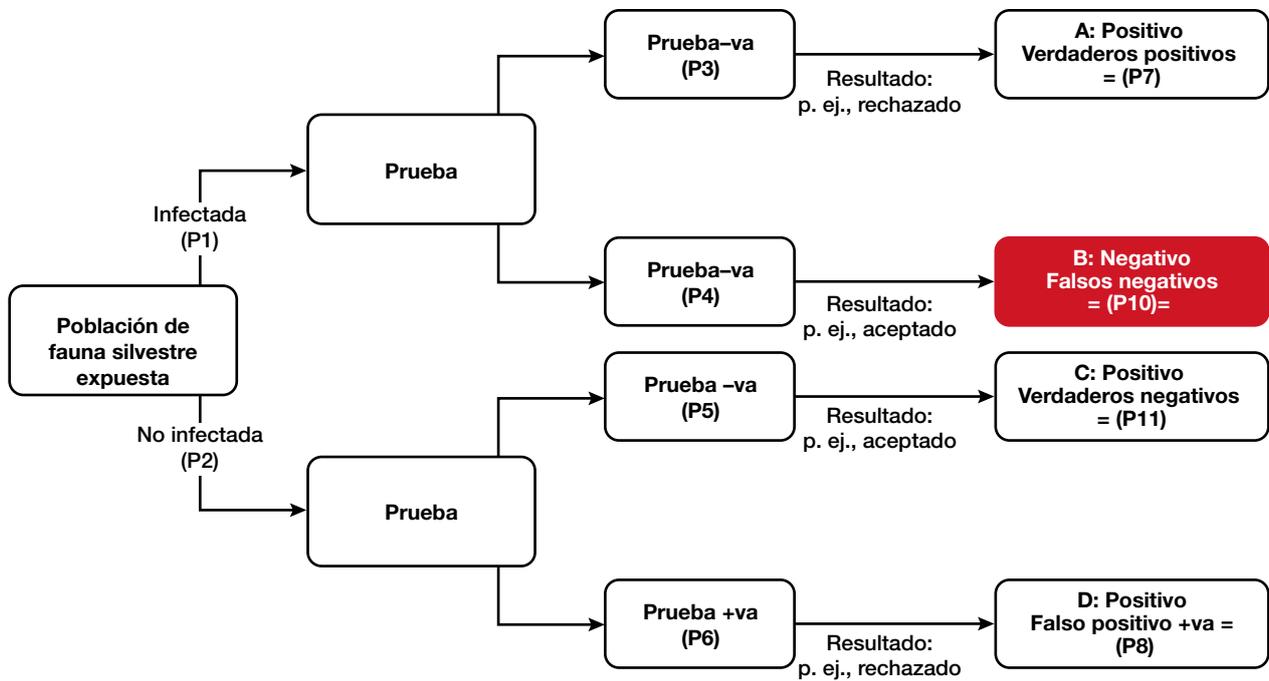


Fig. 25
Árbol de situaciones para la evaluación de consecuencias



- | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------------------|
| P1 p = probabilidad de infección | P2 $1-p$ | P7 $p \times Se$ |
| P3 Se = sensibilidad | P4 $1-Se$ | P8 $(1-p) \times Se$ |
| P5 Sp = especificidad | P6 $1-Sp$ | P10 $p \times (1-Se)$ |
| | | P11 $(1-p) \times Sp$ |

Fig. 26
Árbol de situaciones con nodos de probabilidad

Datos necesarios

Se requiere conocer bien el peligro en cuestión, de tal manera que se puedan incluir todas las posibles situaciones. Para el modelado cualitativo, se requieren muy pocos datos, mientras que para los *modelos* cuantitativos se precisan datos de probabilidad.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Los árboles de situaciones resultan herramientas útiles siempre que se haya tenido en cuenta toda la información importante y se hayan aclarado bien todos los supuestos. Esta herramienta puede ser muy simple o puede incorporar gran cantidad de datos de probabilidades, permitiendo así evaluaciones cuantitativas más complejas. Los árboles de situaciones son útiles porque pueden emplearse tanto en las *valoraciones del riesgo cuantitativas* como en las cualitativas. Gracias a la facilidad con que se pueden evaluar y a su *transparencia*, estos *modelos* tienen muy pocas deficiencias.

Ejemplos

MacDiarmid y Pharo 2003.

● Herramienta 11: Cmap

M. van Andel

Referencia

Novak J.D. y Cañas A.J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Disponible en: http://mapskm.ihmc.us/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1064009710027_1637638703_27098.

Fuente

<http://cmap.ihmc.us/download/>.

Costo

Ninguno.

Requisitos de software

Hay dos versiones disponibles, Cmap y CmapLite. En esta última se ha reducido la funcionalidad para poder ejecutarla en dispositivos con menos capacidad de memoria y equipos antiguos con poca memoria principal.

Etapas del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Se utiliza en la identificación del peligro y durante la *evaluación del riesgo* y la *valoración del riesgo*. Asimismo, también puede utilizarse para la obtención de información de los expertos. Este programa

permite la representación de mapas mentales de manera que puedan ser evaluados por otros participantes.

Descripción del uso de la herramienta

En primer lugar, se plantea una pregunta o un problema concretos, por ejemplo en forma de «pregunta central». Durante los debates, se determina qué conceptos clave están relacionados con la pregunta central y se registran en Cmap. Dichos conceptos se pueden ordenar en una lista por orden creciente de especificidad. Esta lista se denomina «parking lot»; los conceptos pasan de esta lista a un mapa conceptual y luego se vinculan para mostrar cómo se relacionan entre sí las diferentes áreas del mapa. Se pueden añadir palabras a las líneas de conexión para mostrar las relaciones entre los conceptos, y se debe llevar a cabo una revisión del mapa para asegurarse de que las relaciones están claras y bien estructuradas. No necesariamente se utilizan todos los conceptos.

Cmap permite vincular fotografías, imágenes, diagramas, gráficos y videos a diferentes conceptos representados en el mapa. Además, este sistema posee servidores que permiten la colaboración vía internet, facilitando así que diferentes usuarios revisen el mapa conceptual que se ha creado en un punto geográfico.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

No se requiere experiencia previa debido a su facilidad de uso.

Datos necesarios

Ninguno.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Esta herramienta es únicamente descriptiva, por lo que no arroja resultados cuantitativos. La fortaleza de esta herramienta es que permite que los participantes compartan entre ellos sus opiniones acerca de las causas y consecuencias de una forma clara y estandarizada, aunque trabajen a gran distancia.

Ejemplos

Decker *et al.* 2006.

● Herramienta 12: Sistemas de información geográfica (SIG)

V. Dove y N. French

Nombre: SIG

Referencias

Robinson 2000; Ostfeld *et al.* 2005; Clements y Pfeiffer 2009.

Fuente

Existe una gran variedad de programas de SIG. Se indican a continuación algunos de los más usados:

- EpiMap: paquete de mapeo de acceso libre que puede utilizarse como alternativa a ArcView, aunque no contiene todas las características de las que dispone ArcView: www.abdn.ac.uk/impact/resources/gis/epimap.php
- Quantum GIS (QGIS): sistema gratuito de información geográfica, simple y fácil de usar mediante la Licencia Pública General GNU en: www.qgis.org
- GRASS: programa de libre acceso para la gestión y el análisis de información geoespacial, procesamiento de imágenes, producción de gráficos o mapas, modelado espacial y visualización. Puede usarse en combinación con QGIS. <http://grass.fbk.eu>
- gvSIG: SIG de libre acceso. www.gvsig.org/web/
- ILWIS: programa de libre acceso. Se puede descargar en: www.itc.nl/Pub/research_programme/Research_output/ILWIS_Remote_Sensing_and_GIS_programa.html
- SAGA: SIG de libre acceso. www.saga-gis.org/en/index.html
- ArcView: sistema que requiere licencia de ArcGIS Desktop, un programa de SIG producido por Esri. El precio se puede consultar en el sitio web: www.esri.com/programa/arcview/index.html
- Map info: se reduce el costo en su segundo año de uso. El precio se puede consultar en: www.rockware.com/product/overview.php?id=274&gclid=CKmNy8P3-mqsCFZFU7Aod63JjPA
- Maptitude: el precio se puede consultar en: www.caliper.com/maptovu.htm
- IDRISI: el precio se puede consultar en: www.clarklabs.org

- Google Earth: www.google.com/earth/: de libre acceso. Actualmente, muchas aplicaciones usan Google Earth para visualizar la información espacial y los datos espaciotemporales necesarios para la toma de decisiones (p. ej., se usa para crear archivos kml para visualizar información sobre enfermedades y archivos kmz para visualizar patrones dinámicos).

Costo

Como se ha mencionado anteriormente, muchas aplicaciones para SIG son gratuitas.

Requisitos de software

Depende del tipo de programa que mejor se adapte a las necesidades y presupuesto del usuario.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Durante la *identificación del peligro*, la *gestión del riesgo* y la *comunicación acerca del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

Los factores que afecten a la localización espacial de los *peligros*, los *hospedadores* y los *vectores*, así como la probabilidad de que coincidan son importantes para la dinámica de la enfermedad (Ostfeld *et al.* 2005). La epidemiología espacial (el estudio de la distribución espacial de la enfermedad y de factores relacionados) ha surgido como disciplina científica dedicada al estudio de las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial de las enfermedades infecciosas, las sustancias contaminantes del medio ambiente y los atropellos, entre otros. Los mapas de riesgo de ciertas enfermedades y los patrones climáticos pueden guardar relación con la distribución de los *vectores* artrópodos, los *reservorios* vertebrados o casos reales de enfermedad en el hospedador (Ostfeld *et al.* 2005). Las características espaciales de la enfermedad y de sus agentes causales se utilizan principalmente para ayudar con el proceso de la toma de decisiones respecto a la enfermedad (Robinson 2000). Por lo tanto, un SIG puede usarse para formular planes específicos de gestión o control de una enfermedad, por una parte, en base a las técnicas de la epidemiología espacial, las cuales pueden generar recomendaciones relativas al lugar al cual deben dirigirse las intervenciones para prevenir la diseminación de la enfermedad (Ostfeld *et al.* 2005), y por otra parte, en base a sistemas de detección de focos y de alerta temprana, los cuales ayudan en la *vigilancia* y permiten que las intervenciones se lleven a cabo en el momento oportuno (Clements y Pfeiffer 2009). Es decir, el SIG es una herramienta que permite predecir la

distribución espacial y temporal del riesgo de la enfermedad para que puedan elaborarse estrategias de intervención adecuadas (Robinson 2000).

El SIG, la detección remota (RS), la estadística espacial y los *modelos* matemáticos espacialmente explícitos constituyen una poderosa serie de herramientas para el estudio, la prevención y el control de las enfermedades infecciosas (Clements y Pfeiffer 2009). Sin embargo, el SIG por sí solo es una herramienta que se ha usado para ayudar en la toma de decisiones y para implementar las estrategias de intervención en las enfermedades (Robinson 2000), y también como herramienta subyacente para examinar la epidemiología del paisaje (Ostfeld *et al.* 2005). Se puede usar para localizar casos de enfermedad y establecer las relaciones espaciotemporales entre los casos y las características ambientales escogidas (Ostfeld *et al.* 2005). Los *modelos* matemáticos son particularmente útiles para analizar y comparar estrategias de control alternativas, mientras que los sistemas espaciales integran varias herramientas epidemiológicas que facilitan la difusión general y la interpretación de los datos de la enfermedad (Clements y Pfeiffer 2009). Las enfermedades tienden a estar geográficamente limitadas, con una variación espacial que deriva de una variación subyacente en las condiciones físicas y biológicas que influyen en el *agente patógeno*, en sus vectores y en sus *reservorios*. El SIG permite delimitar condiciones bióticas y abióticas en los mapas, de tal forma que deberían ser predecibles tanto el riesgo actual como los futuros cambios en el riesgo (Ostfeld *et al.* 2005).

Ostfeld *et al.* (2005) describen los usos del SIG, que son los siguientes:

- mapeo de la forma en que cambia la distribución espacial de las enfermedades a lo largo del tiempo (dinámica espaciotemporal), por ejemplo:
 - análisis retrospectivos de la dinámica espaciotemporal de las epidemias para saber qué factores influyen en el patrón espacial y en la velocidad de propagación de las enfermedades
 - caracterización de la variación espacial del riesgo ecológico estático de infección y de las posibles causas de esta variación
- creación de mapas estáticos de riesgo basados en la distribución de *vectores* y de *reservorios* y en la incidencia de la enfermedad
- incorporación de elementos explícitos del paisaje.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Los SIG constituyen un recurso especializado, de tal forma que es necesario contar con ciertas competencias para emplear los programas existentes.

Datos necesarios

En general, se precisan datos de calidad, aunque es algo que puede variar según el tipo de programa que se utilice.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Una de las principales fortalezas de los SIG es su capacidad de integrar diferentes tipos de datos espaciales (Robinson 2000). Los SIG también se pueden utilizar con árboles de decisiones para implementar estrategias de control efectivas. Sin embargo, tienen el inconveniente de la escasa capacidad analítica, aunque es algo que se está mejorando (Robinson 2000). Para el análisis con SIG se precisan datos de calidad.

Casos

Ostfeld *et al.* 2005 explicaron la aplicación de SIG a un brote de fiebre aftosa que tuvo lugar en el Reino Unido durante 2001.

● Herramienta 13: Manual de la OIE sobre el análisis del riesgo

V. Dove

Nombre: *Manual de la OIE sobre el análisis del riesgo*, Volúmenes 1 y 2.

Referencias

Arriola 2008; Brückner *et al.* 2010; Murray *et al.* 2010.

Fuente

Handbook on import risk analysis for animals and animal products. Volumen 1: Introduction and qualitative risk analysis. Versión en inglés disponible en: http://web.oie.int/boutique/index.php?page=ficprod&id_produit=995&lang=en.

Handbook on import risk analysis for animals and animal products. Volumen 2: Quantitative risk analysis. Versión en inglés disponible en: http://web.oie.int/boutique/index.php?page=fi_cprod&id_produit=45&lang=en.

Costo

Son manuales relativamente baratos y pueden adquirirse a través de la tienda online de la OIE: <http://web.oie.int/boutique/index.php?lang=en>.

Requisitos de software

Ninguno.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se pueden utilizar

Estos manuales constituyen un recurso importante que puede utilizarse durante todo el proceso del ARE. El volumen 1 aborda el *análisis del riesgo cualitativo* y el volumen 2 el *análisis del riesgo cuantitativo*.

Descripción del uso de la herramienta

Arriola (2008) provee una revisión completa de ambos volúmenes, que se resume a continuación:

El *Volumen 1* contiene tres capítulos:

- El capítulo 1 contiene una introducción al concepto de *análisis del riesgo* en un contexto internacional y define la terminología.
- El capítulo 2 explica cómo aplicar el sistema de *análisis del riesgo* recomendado por la OIE y describe los diferentes componentes y tareas inherentes a su realización. Uno de estos componentes es la *evaluación del riesgo*, un método para determinar la probabilidad y relevancia de las consecuencias adversas de la entrada o propagación de un agente patógeno en un país importador.
- El capítulo 3 aborda la *comunicación acerca del riesgo*.

El *Volumen 2* contiene ocho capítulos que abordan los métodos estadísticos que se emplean en el *análisis del riesgo*:

- Los capítulos 1 a 4 proporcionan una introducción a los principios de la *evaluación del riesgo cuantitativa* y una revisión de la teoría estadística correspondiente, como la de las distribuciones de probabilidad (teoremas binomial, del límite central, de Bayes y de Poisson).
- Los capítulos 5 a 7 abordan los métodos estadísticos aplicables a la *evaluación del riesgo*, como por ejemplo, la distribución de probabilidad

binomial frente a la hipergeométrica, los métodos para determinar cuál es más adecuada en cada caso y un modelado de segundo orden. Las tablas de los límites de confianza exactos para la distribución binomial se pueden consultar en el apéndice 1 del *Volumen 2* de esta publicación.

- El capítulo 8 presenta directrices para llevar a cabo un *modelo de evaluación del riesgo cuantitativa*.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

El *Volumen 1* es relativamente simple y fácil de usar como herramienta para el ARE. Para que personas sin experiencia puedan llevar a cabo *análisis del riesgo* cualitativos, resulta aconsejable que dispongan de conocimientos sobre epidemiología, conozcan bien el peligro en cuestión y realicen una revisión bibliográfica completa.

El *Volumen 2* es conciso y completo. Sin embargo, para entender y utilizar las fórmulas matemáticas que incluye, se requieren conocimientos sobre estadística.

Datos necesarios

El riesgo se puede valorar cualitativamente a partir de las circunstancias y los datos existentes, lo cual es una estrategia especialmente útil cuando se dispone de muy pocos datos. Si hay suficientes datos, evaluar la probabilidad en términos estadísticos contribuye a aumentar la exactitud siempre que se hayan establecido claramente todas las hipótesis y limitaciones.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Estos volúmenes constituyen una excelente referencia que se puede usar como guía en el proceso del ARE, empleando desde los simples *modelos* del *Volumen 1* hasta los complejos *modelos* estadísticos del *Volumen 2*. Sin embargo, el manual está centrado en el *análisis del riesgo*, en particular en lo que concierne a la importación de animales y productos de origen animal, por lo que tal información debe tenerse en cuenta a la hora de adaptar la situación a las enfermedades en *fauna silvestre* y a la conservación de especies.

Ejemplos

Se presentan casos concretos a lo largo de todo el *Manual*, mediante los cuales se ilustra cómo usar cada una de las herramientas en el ARE.

Trush *et al.* 2011 usan algunos principios del *Manual*.

MacDiarmid y Pharo (2003) también siguen muy estrictamente la aplicación de las herramientas para el ARE que se explican en el *Manual*.

● Herramienta 14: @Risk

S.C. MacDiarmid

Nombre: @Risk. Análisis del riesgo y complementos de simulación para Microsoft Excel.

Referencias

Vose 2000; Murray *et al.* 2004.

Fuente

Palisade Corporation, 31 Decker Road, Newfield, Nueva York. www.palisade.com/risk/.

Costo

Se puede acceder a la versión de prueba (gratuita); el precio se puede consultar en el sitio web.

Requisitos de software

Microsoft Excel.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Durante el paso de la *evaluación del riesgo cuantitativa*.

Descripción del uso de la herramienta

@Risk es un complemento para Microsoft Excel. A partir de una hoja de cálculo para la *evaluación del riesgo cuantitativa*, @Risk permite al usuario asignar a cada variable distribuciones de probabilidad en lugar de meros valores numéricos. Se denomina *modelo* estocástico o de Monte Carlo y permite al analista calcular el impacto combinado de la variación en cada una de las entradas de los modelos para determinar una distribución probabilística de los posibles resultados. Esto se lleva a cabo a través de una simulación en la cual se toma de manera automática una muestra aleatoria de cada distribución entrada y se combinan de acuerdo con la lógica matemática del *modelo*, lo cual genera un resultado. Este proceso se repite automáticamente en muchas iteraciones, cuyos resultados se combinan produciendo una distribución de probabilidad de cada posible resultado de modelo.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Para usar esta herramienta se precisa un nivel intermedio de experiencia y de competencias, pero se aconseja revisar las distribuciones de probabilidad asignadas a cada variable con la asesoría de un analista del riesgo con experiencia.

Datos necesarios

Es posible que se precisen muy pocos datos porque @Risk se basa en la opinión de expertos (véase Vose 2000; Murray *et al.* 2004).

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Las fortalezas de @Risk son que resulta fácil de utilizar para cualquier persona familiarizada con Microsoft Excel u otras hojas de cálculo, que puede usarse para *modelos* simples o complejos y que puede incorporar gran variedad de datos, desde distribuciones uniformes simples o triangulares obtenidas a partir de la opinión de expertos hasta otras 30 distribuciones seleccionadas en base a la cantidad, la calidad y el tipo de datos. Con @Risk, el *análisis de la sensibilidad* de los *modelos* de *evaluación del riesgo* resulta fácil y sencillo. La calidad de los resultados viene determinada por la lógica del *modelo* y la calidad de los datos que se emplean para las variables entradas.

Ejemplos

Paisley 2001; Pharo y MacDiarmid 2001.

● Herramienta 15: OUTBREAK

P.S. Miller

Nombre: OUTBREAK, un modelo informático estocástico de simulación de la epidemiología de enfermedades en poblaciones de animales.

Referencias

Verant M. y Miller P.S. (2011). *OUTBREAK User's Manual*. Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la SSC de la UINC, Apple Valley, Minnesota.

Fuente

OUTBREAK puede descargarse de la página web del Grupo Especialista en Cría para la Conservación (CBSG): www.cbsg.org

Costo

Se puede descargar sin costo desde la página web del CBSG.

Requisitos de software

OUTBREAK es un programa de Windows que funciona con todas las versiones modernas del sistema operativo. Aunque funciona con cualquier espacio de memoria (RAM), los análisis de poblaciones grandes (p. ej., > 5 000 individuos) pueden verse afectados si la memoria no es suficiente, por lo que se recomienda disponer de al menos 1GB de memoria RAM.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

OUTBREAK está diseñado para su uso en la *evaluación del riesgo* cuando se precisa una valoración detallada del impacto que tiene la introducción o *transmisión* de una enfermedad en poblaciones animales en diferentes situaciones. También se puede utilizar durante la *gestión del riesgo*, donde se estudian los impactos de las diferentes estrategias de gestión de la enfermedad, como la *vacunación* o el sacrificio.

Descripción del uso de la herramienta

En campos específicos de varias páginas dispuestas en forma de pestañas y en las que se encuentra una interfaz diseñada para la entrada de datos (Fig. 27), se introducen datos sobre la demografía de la especie y la epidemiología de la enfermedad correspondientes a un modelo específico elaborado por el usuario. Estos datos introducidos, junto con los resultados obtenidos, constituyen un proyecto de modelado. Cuando se completa la parametrización del modelo, el usuario especifica el número de iteraciones para esa situación, y una vez el *modelo* ha ejecutado dichas iteraciones, el usuario trabaja con una serie de páginas en las que se muestran las estructuras demográfica y epidemiológica de la población. El gráfico resultante (Fig. 28) puede exportarse al informe del proyecto, donde puede combinarse con texto para describir los resultados del *modelo*.

Experiencia y competencias necesarias para utilizar esta herramienta

Los usuarios deben tener experiencia en el uso de *modelos* de simulación informática, incluido el análisis correspondiente de datos epidemiológicos y demográficos. Aunque el programa es bastante fácil de usar a nivel básico, es muy recomendable disponer de los conocimientos pertinentes sobre biología y estadística.

Datos necesarios

Para determinar el posible crecimiento de la población se requieren datos demográficos básicos (fecundidad y tasas de supervivencia). Asimismo, se precisan datos sobre la epidemiología de una enfermedad en particular, como la tasa de contacto, la probabilidad de *transmisión*, el período de latencia, la duración del *período de transmisibilidad*, la tasa de mortalidad basada en la enfermedad, la probabilidad de recuperación, etc.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

OUTBREAK facilita una plataforma para explorar la dinámica epidemiológica de enfermedades infecciosas en poblaciones de animales (de producción y *silvestres*) y el impacto de las enfermedades en la estructura demográfica y en la viabilidad de la población. Este programa es flexible y se adapta a una gran variedad de enfermedades infecciosas y de especies (en su mayoría mamíferos, aves y reptiles). También se puede vincular a otros modelos demográficos, tales como Vortex (escrito por R.C. Lacy y disponible en www.vortex9.org) a través de un proceso conocido como metamodelado, lo que puede incrementar el realismo y la utilidad del *modelo* (se puede escribir a pmiller@cbsg.org para solicitar más información). Sin embargo, como el *modelo* cuenta cada individuo por separado, existe un límite de tamaño de la población en cuestión, que se sitúa en unos 10 000 individuos. El modelo se ejecutará más lentamente cuando las poblaciones sean grandes (p. ej., > 5 000) o cuando el hardware del ordenador sea insuficiente. Asimismo, dado que se trata de una herramienta cuantitativa relativamente avanzada, para utilizarla adecuadamente es muy recomendable contar con un nivel bastante alto de competencias en los ámbitos de estudio correspondientes.

Ejemplos

Keet *et al.* 2009; Bradshaw *et al.* 2012.

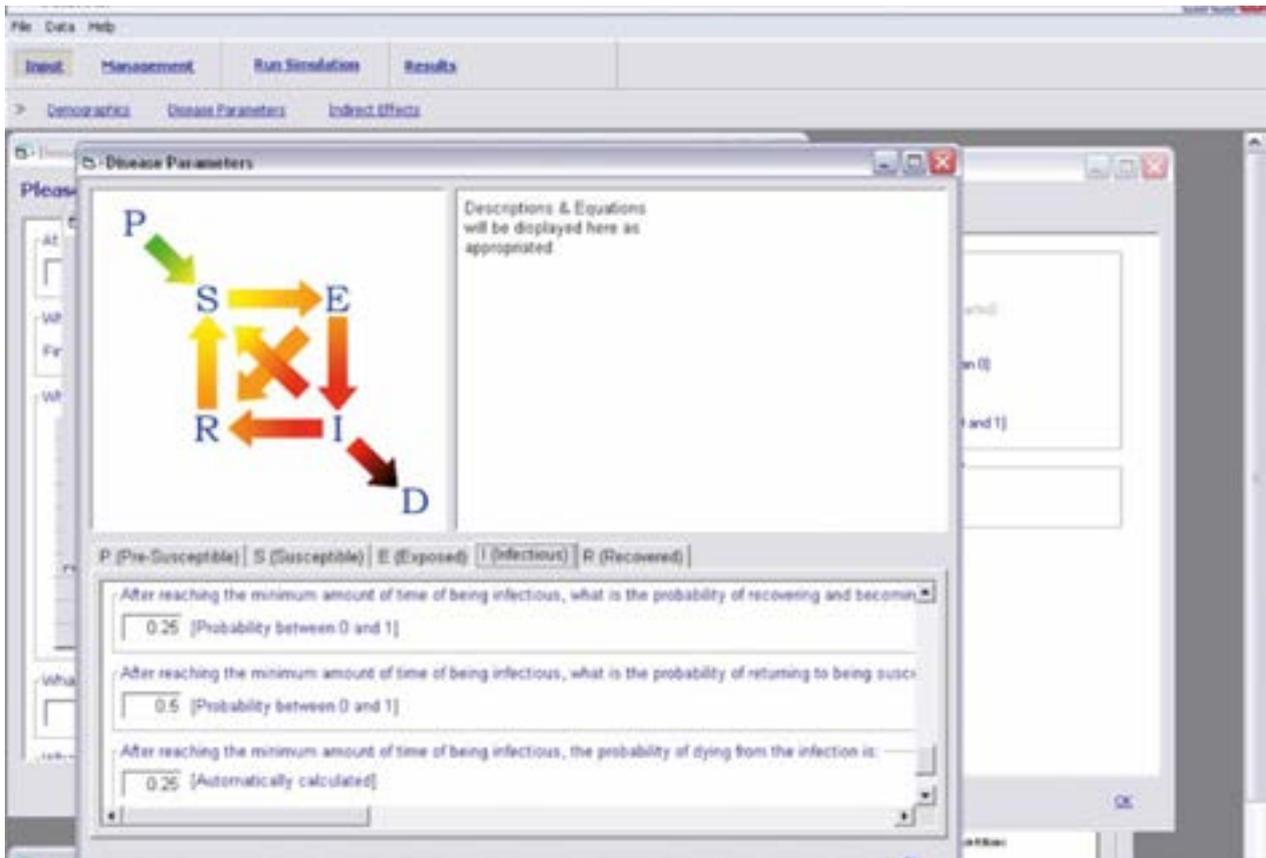


Fig. 27
Interfaz gráfica para la simulación mediante el programa OUTBREAK

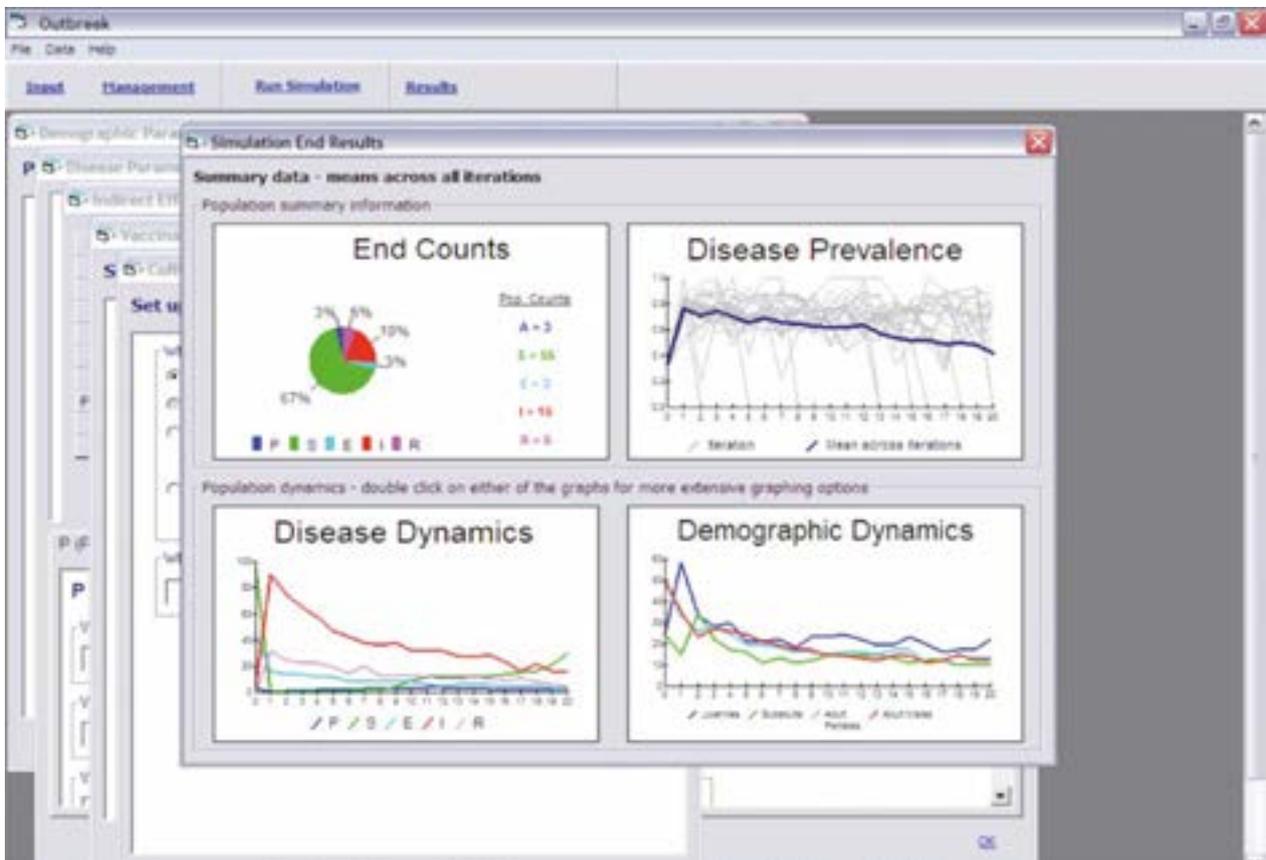


Fig. 28
Resultados de una simulación mediante OUTBREAK

● Herramienta 16: PopTools

M. van Andel y V. Dove

Referencias

www.poptools.org/

CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). Una vez instalado, PopTools tiene un archivo de ayuda que describe cada una de las funciones.

Hood G.M. (2011). – PopTools versión 3.2.5. Puede descargarse en: www.poptools.org/; e-mail: poptools@csiro.au.

Fuente

www.poptools.org/download/.

Costo

Gratuito.

Requisitos de software

Microsoft Excel (PopTools es un complemento de Microsoft Excel).

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Esta herramienta puede usarse en la *evaluación del riesgo* una vez se ha seleccionado una distribución de probabilidades adecuada para realizar el modelo a partir de los datos disponibles y empleando una simulación con el método de Monte Carlo (p. ej., binomial, de Poisson, hipergeométrica, exponencial, gamma, beta, PERT, triangular, uniforme, normal, log-normal, etc). Murray *et al.* (2014) describen muy bien las distribuciones de probabilidad.

Descripción del uso de la herramienta

PopTools es un complemento de Microsoft Excel que ayuda con el análisis de *modelos* de población matriciales y con la simulación de procesos estocásticos (aleatorios). Esta herramienta añade más de 100 nuevas funciones a las hojas de cálculo de Excel, incluida la capacidad de generar variables aleatorias en diferentes distribuciones sin disponer de conocimientos previos de programación. Las cuatro funciones principales son:

1. Herramientas de matriz: se usan para el análisis de la dinámica de las poblaciones y las estrategias basadas en la historia de vida
2. Herramientas para los procesos estocásticos, como la generación de variables aleatorias en varias distribuciones. Incluye cálculos estadísticos para los procesos estocásticos (aleatorios)

3. Simulación: se pueden construir modelos para representar procesos tanto aleatorios como predeterminados (determinísticos)

4. Procesos gráficos y estadísticos.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Para usar esta herramienta no se requieren conocimientos de programación porque es fácil de aplicar. Sin embargo, para interpretar bien los resultados de los análisis y escoger correctamente los análisis estadísticos adecuados se precisan conocimientos de estadística y cálculo de probabilidades.

Datos necesarios

Depende de la distribución de probabilidad seleccionada y de las preguntas que se desee responder con el análisis (véase un ejemplo en la Tabla XI).

Ejemplo del uso de distribuciones binomiales en PopTools

Si se parte de 5 animales ($n=5$) y una prevalencia de la enfermedad y del 10% ($p = 0,1$), ¿cuál es el número probable de animales positivos (x)?

Esta es una situación simple que muestra cómo puede utilizarse PopTools en Microsoft Excel para obtener una respuesta.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

PopTools es una potente herramienta y un buen recurso para quienes no pueden permitirse @Risk. Desafortunadamente, el aprendizaje está basado en el ensayo y error, pues no existe suficiente material para generar documentación didáctica. Aun así, la similitud con otros programas de modelado, como MARK (<http://warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>) puede acelerar el proceso. En ocasiones, cuando se ejecutan simulaciones, PopTools puede tornarse lento, en especial en un PC con Windows y un procesador de bajo rendimiento.

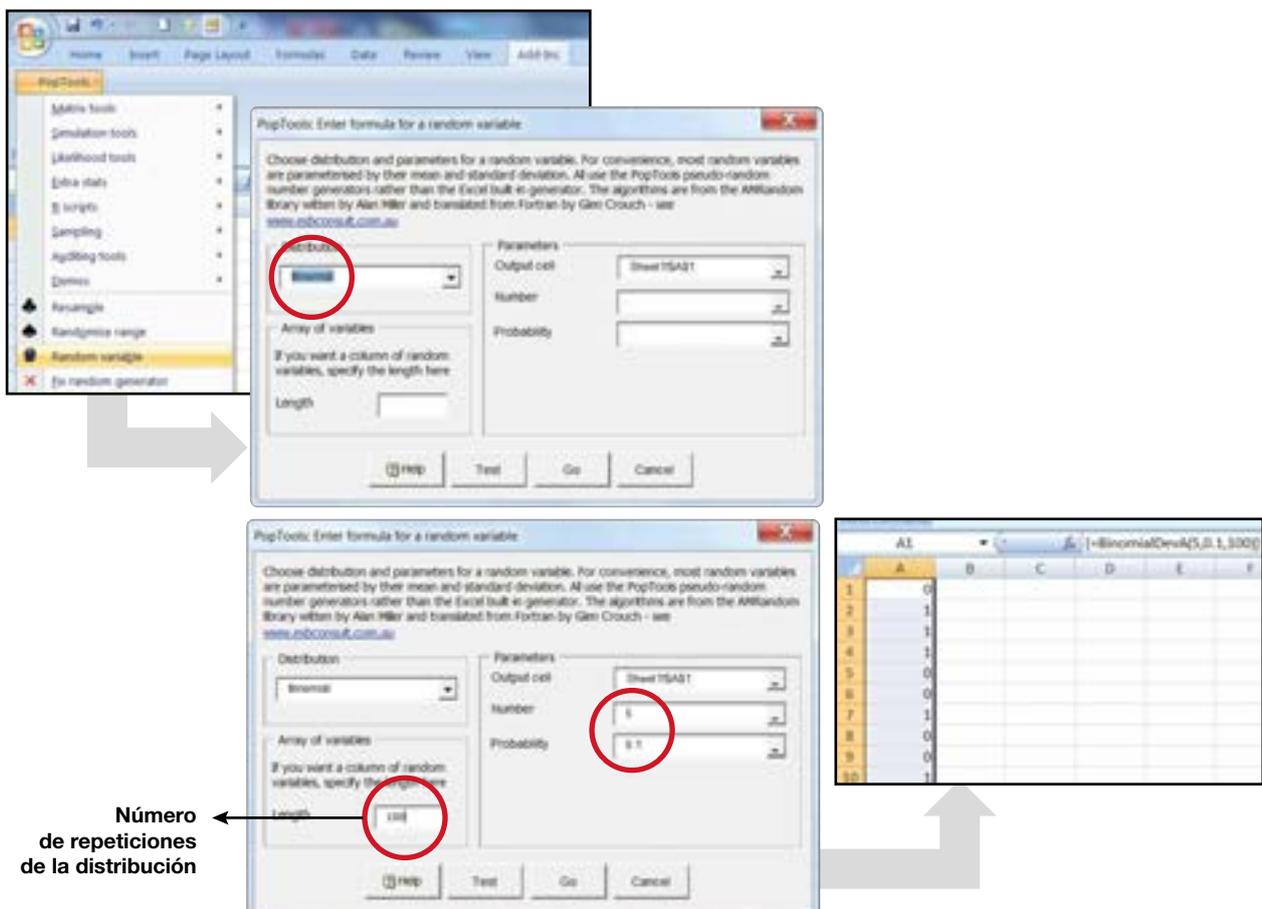
Ejemplos

En www.poptools.org/papers_all/ se puede consultar una lista de más de 600 referencias revisadas por expertos, como Vose 2000; Murata *et al.* 2003; Murray *et al.* 2004; Budke *et al.* 2005; Di Stefano *et al.* 2007; Davis 2008; Hood *et al.* 2009.

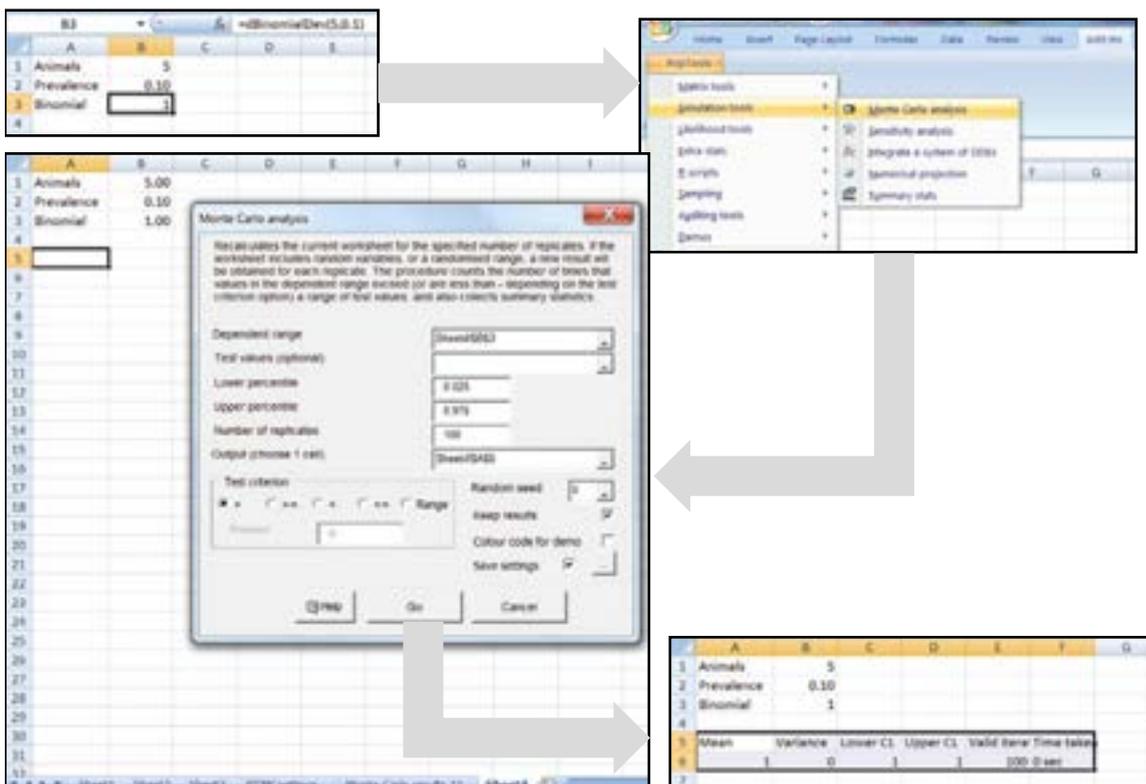
Tabla XI
Resumen de la distribución de probabilidades seleccionadas para el modelado de datos

Distribución de probabilidad	Modelos para	Datos necesarios Ejemplos	Ejemplos
Binomial	Éxitos (x)	n p	x=Binomial (n, p)
Beta	Probabilidad de éxito (p)	n x	p=Beta (x+1, n-x+1)
Binomial negativa	Nº de intentos (n)	x p	n= x + binomial negativa (x, p)

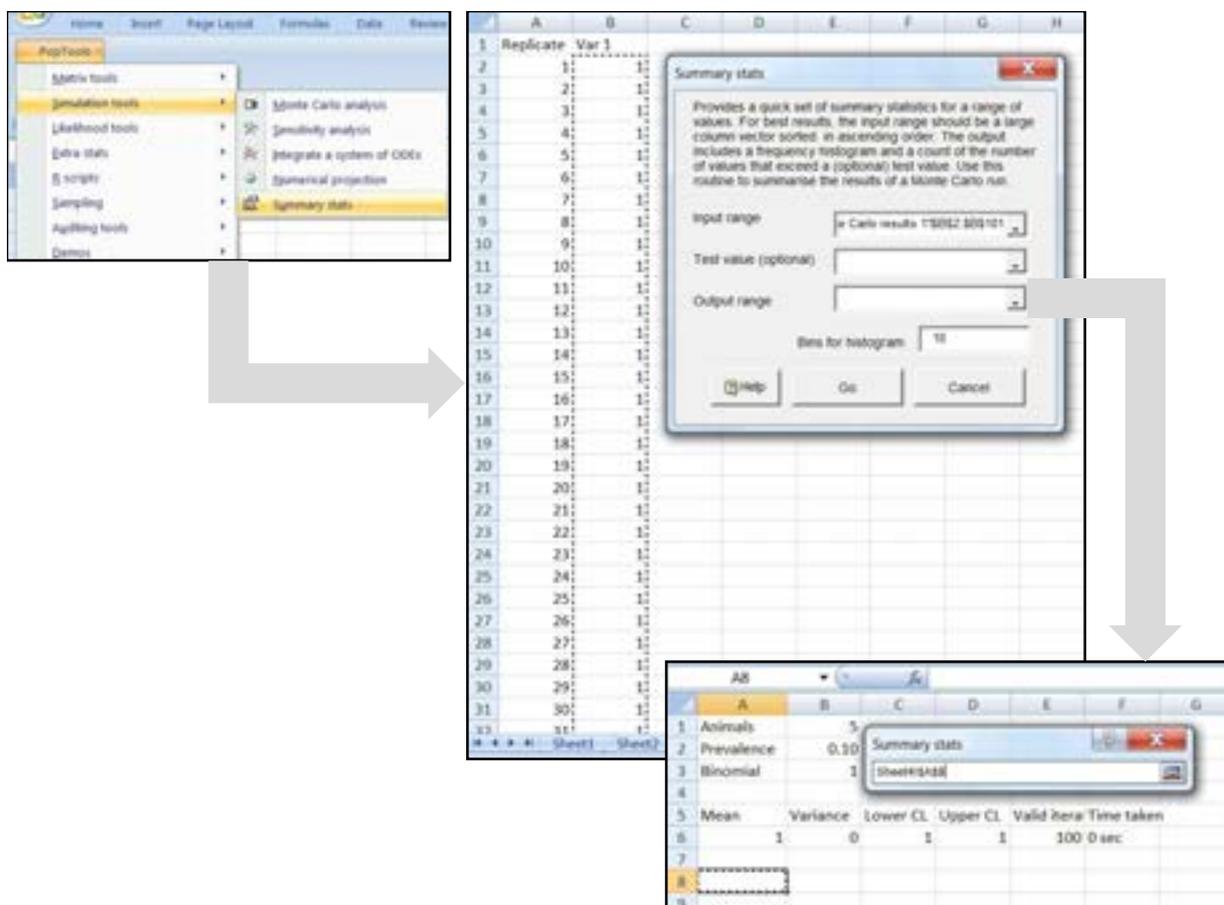
n=número de intentos; p=probabilidad de éxito; x=éxitos



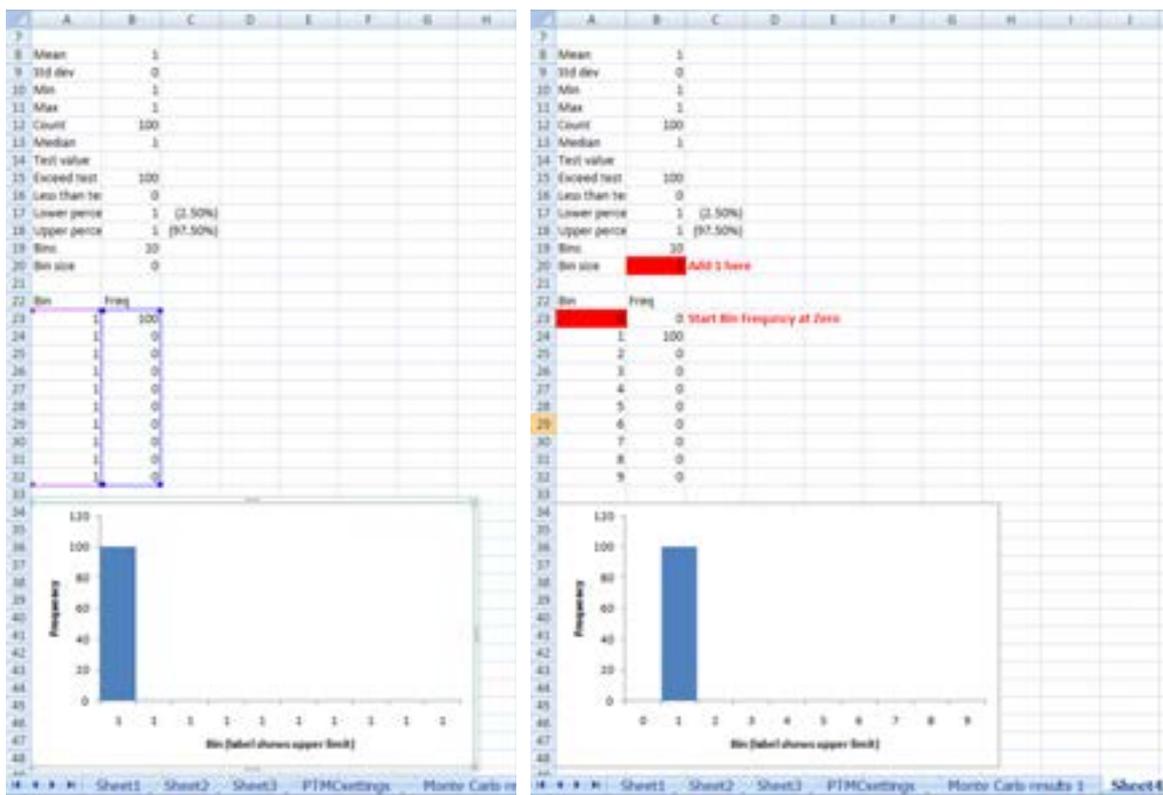
Distribución binomial en PopTools



Simulación de Monte Carlo con distribución binomial en PopTools



Simulación de Monte Carlo con distribución binomial en PopTools



Resumen estadístico de la simulación de Monte Carlo con distribución binomial en PopTools

● Herramienta 17: Obtención formal de la opinión de expertos

S.C. MacDiarmid

En el ámbito de la conservación de especies de *fauna silvestre*, la opinión de expertos se suele obtener de manera informal. Sin embargo, en ocasiones están justificados sistemas más formales. Esta herramienta se desarrolló para la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) con el fin de obtener los criterios de los expertos en cuanto a los datos numéricos. Evita que el proceso esté influido por un solo punto de vista y permite la combinación de las opiniones de diferentes expertos para generar una distribución de probabilidad.

Referencias

Vose 2000; Murray *et al.* 2004.

Fuente

Murray *et al.* (2004) y Vose (2000) proporcionan una guía sobre el proceso de cálculo de distribuciones de probabilidades a través de la obtención y combinación de las opiniones de los expertos.

Costo

Depende de cada situación en particular, pero en general es alto.

Requisitos de software

En situaciones en las que se parte de la opinión de los expertos para obtener entradas cuantitativas, se requiere el uso de @Risk (Palisade Corporation) y de Excel (Microsoft) (Gallagher *et al.* 2002).

Etapas del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Cuando no se dispone de datos o estos son escasos, para determinar las distribuciones de probabilidad que se utilizarán en una *evaluación del riesgo* se puede partir de un enfoque subjetivo basado en la opinión de expertos. Las probabilidades obtenidas a partir de la opinión de los expertos pueden ser cuantitativas (como en el caso de Gallagher *et al.* 2002) o cualitativas (como en el caso de Gale *et al.* 2010).

Descripción del uso de la herramienta

La obtención y combinación de las opiniones de los expertos para generar entradas para la *evaluación del riesgo* se optimizan si se llevan a cabo a través de talleres aplicando el método Delphi modificado (Murray *et al.* 2004).

Murray *et al.* (2004) consideran que el número máximo de expertos que puede trabajar cómodamente en un taller es de 20 personas. La elección de los expertos es crucial y debe basarse en los conocimientos específicos que tengan sobre el tema en cuestión. Deben escogerse expertos de varias disciplinas relacionadas con el ámbito de interés, aunque también es útil contar con expertos secundarios que no necesariamente dispongan del mismo nivel de conocimientos sobre el tema que el grupo principal pero que puedan aportar valores extremos en sus estimaciones, las cuales podrán utilizarse para generar debate y proporcionar pruebas de exceso de confianza, sobreestimación o subestimación. El debate sobre estos valores extremos puede emplearse para reducir los sesgos y obtener estimaciones más exactas a partir del segundo cuestionario (véase abajo). Puede considerarse no adecuado el incluir las estimaciones de los expertos secundarios en el análisis final, pero esta decisión debe tomarse antes de realizar el taller.

Para llevar a cabo el taller se aplica el siguiente método⁶:

Introducción

- Explicación de los antecedentes del proyecto y los objetivos del taller
- Presentación breve de la disciplina del *análisis del riesgo*, el uso de la opinión de los expertos y la teoría de la probabilidad.
- Explicación de las preguntas que se van a plantear, las definiciones que se usen en las preguntas y los supuestos.

Cómo preparar a los expertos

- Se les debe explicar la importancia de realizar estimaciones exactas, enfatizando que se trata de obtener su opinión y no de una prueba de conocimiento.
- Se les deben proporcionar, en un formato entendible, todos los datos existentes relacionados con la(s) pregunta(s) que se haya(n) planteado.

Cuestionario 1

- Antes del taller, se lleva a cabo un cuestionario piloto con un grupo diferente para asegurarse de que todas las preguntas están claras y para comprobar cuánto tiempo se tarda en responderlas.
- Se comprueba que el cuestionario es claro, fácil de entender y no muy largo. Si es posible, se dividen las preguntas en dos partes.

- Se permite a los participantes responder individual y anónimamente.
- Se pide a los expertos que en cada pregunta establezcan valores máximos y mínimos e indiquen el valor más probable. Si se piden las estimaciones en este orden, se reduce el sesgo.
- Se pide a los expertos que proporcionen las estimaciones en forma de porcentaje y no de probabilidad, ya que los porcentajes son conceptualmente más fáciles de estimar.
- Se ofrecen ayudas como programas informáticos, papel para trazar gráficos o gráficos circulares para ayudarles a visualizar los porcentajes.
- Se les da suficiente tiempo para completar el cuestionario durante el taller.

Análisis 1

- Se producen distribuciones de PERT (Beta-PERT) para describir la *incertidumbre* de cada experto frente a cada pregunta, usando los valores mínimo, más probable y máximo obtenidos (véase el Apéndice 4, pág. 111: Simulación mediante el método de Monte Carlo).
- Se combinan las distribuciones de cada experto respecto a una pregunta concreta usando una distribución discreta, y ajustándola a cada experto si es necesario.

Resultados 1 y discusión

- Se usa un facilitador para asegurarse de que en la discusión se incluyen todos los expertos, de manera que fluya libremente el intercambio de información entre ellos.
- Se debate la distribución combinada para cada pregunta.

Cuestionario 2

El cuestionario se presenta de nuevo a los expertos, si es posible al día siguiente, para que puedan enmendar las respuestas que deseen.

Análisis 2

- Se analizan las respuestas del cuestionario 2 como se describe para el cuestionario 1.
- Se incluyen las respuestas de los expertos secundarios si así se ha acordado antes de iniciar el taller.

⁶ Adaptado, con la autorización de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), de Murray N., MacDiarmid S.C., Wooldridge M., Gummow B., Morley R.S., Weber S.E., Giovannini A. y Wilson D. (2004). – *Handbook on import risk analysis for animal and animal products, Volume 2. Quantitative risk assessment*. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París. 126 págs.

Resultados 2

- Tras el taller, se presentan los resultados preliminares a los expertos cuanto antes y se envía un cuestionario de validación para asegurarse de que los resultados sean reproducibles.
- Se proporcionan los resultados finales a los expertos tan pronto como estén disponibles.
- Se invita a la retroalimentación sobre la utilidad de los resultados y del proceso en sí.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Para la obtención formal de la opinión de los expertos, es necesario contar con un alto nivel de competencias. Cuando los expertos proporcionan datos cuantitativos, también resulta fundamental disponer de experiencia en su utilización y en la interpretación de las distribuciones de probabilidad.

Datos necesarios

Se recurre a la opinión de los expertos cuando no se dispone de datos o estos son muy escasos (Vose 2000).

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Deben tenerse muy en cuenta las posibles causas de sesgo y la necesidad de afrontar los desacuerdos entre expertos (Murray *et al.* 2004).

El sesgo

Las estimaciones de los parámetros de distribución pueden resultar sesgadas por varios factores, ya que las personas tienden a:

- realizar rápidas valoraciones de la información que les viene a la mente
- estar muy influenciadas por conjuntos de datos pequeños y poco representativos con los que están familiarizados

Por lo tanto, pueden:

- estar demasiado seguros y estimar la incertidumbre de manera muy limitada
- resistirse a cambiar su mentalidad frente a nueva información

- intentar influir en las decisiones y resultados dirigiendo sus opiniones en un sentido u otro
- declarar sus opiniones de tal forma que favorezcan su propio rendimiento o situación
- suprimir a conciencia la incertidumbre para parecer mejor informados
- insistir en puntos de vista difíciles de justificar solo por aparentar coherencia.

Desacuerdo entre expertos

En los casos de desacuerdo entre expertos, normalmente es mejor comprobar qué implicaciones tiene cada postura por separado para determinar hasta qué punto conducen a conclusiones diferentes. Si las conclusiones no se ven afectadas de manera significativa, se puede considerar que los resultados son *robustos* a pesar del desacuerdo entre los expertos. En algunos casos, es posible que los expertos no discrepen en cuanto a los conocimientos en sí, sino que realicen deducciones distintas a partir de tales conocimientos. En estos casos, es necesario determinar qué experto tiene más autoridad en el problema en cuestión.

Cómo elegir la distribución de probabilidad

La distribución de PERT (Beta-PERT) es la más usada para obtener las estimaciones cuantitativas de los expertos (véase Gallagher *et al.* 2002), aunque en ciertos casos también pueden utilizarse otras, como la uniforme, la general, la discreta o la acumulada (Vose 2000; Murray *et al.* 2004). La distribución uniforme se usa en situaciones en las que los expertos no pueden proponer un valor «más probable» pero sí un valor mínimo y uno máximo. Sin embargo, la distribución uniforme es un modelador muy malo y debe evitarse en la medida de lo posible. Es muy poco probable que un experto sea capaz de definir los valores mínimos y máximos pero no tenga una opinión sobre el valor más probable (Vose 2000). Las distribuciones PERT (Beta-PERT) que proporciona cada experto se combinan en una distribución discreta generando un valor para cada variable del *modelo de evaluación del riesgo* (Vose 2000; Gallagher *et al.* 2002).

Ejemplos

Gallagher 2002; Gale *et al.* 2010.

● Herramienta 18: Netica

M. van Andel

Referencias

Dambacher *et al.* 2007; Walshe and Burgman 2009.

Fuente

www.norsys.com/download.html.

Costo

Se puede descargar de forma gratuita una versión con hasta 15 puntos de decisión. Si se desea conseguir una versión que pueda manejar una red de más de 15 puntos de decisión, se pueden consultar los precios en el siguiente enlace: www.norsys.com/netica.html.

Requisitos de software

Ninguno en particular, Netica es un programa que se ejecuta fácilmente en Windows.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Se usa durante la *evaluación del riesgo* y más específicamente durante el paso de la *valoración del riesgo*.

Descripción del uso de la herramienta

Las redes de creencias bayesianas (BBN) describen el conocimiento sobre las causas y los efectos y se usan principalmente en la *evaluación del riesgo*, con aplicaciones en salud pública y medioambiental. Al igual que un mapa conceptual (véase la descripción de la herramienta Cmap), esta herramienta proporciona una representación gráfica de las creencias y se basa en los conceptos de causa y efecto. También puede utilizarse para describir las relaciones entre las acciones y los resultados, y así representar una serie de relaciones condicionales.

Un ejemplo de probabilidad condicional es el rendimiento de las *pruebas de diagnóstico*. La probabilidad de que un animal dé positivo en una prueba depende de su situación sanitaria. La probabilidad de que un animal infectado dé positivo se denomina sensibilidad, y la probabilidad de que un animal que no esté infectado dé positivo es uno menos la especificidad.

Una red de creencias bayesiana contiene tres elementos:

- nodos que representan las variables clave
- vínculos que representan las relaciones de causa y efecto entre los nodos
- la probabilidad de que un nodo se encuentre en determinado estado, dado el estado de los nodos conectados.

Las variables pueden ser categóricas (por ejemplo: 0-5 muertes, 5-15 muertes sobre 15 muertes) o discretas (12 muertes).

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Una vez se crea la red de elementos, ésta se puede actualizar y manejar fácilmente a medida que se recibe información. La creación de la red inicial es simple; los usuarios deben conocer las relaciones entre los diferentes pasos del diagrama y ser capaces de interpretar los resultados.

Datos necesarios

Es necesario conocer la probabilidad de cada suceso.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Si en el programa se entran probabilidades incorrectas, al final del proceso se obtendrán resultados incorrectos, por lo que es aconsejable que todos los valores entrados estén validados y acordados por expertos.

Las redes de creencias bayesianas no pueden constituir bucles de retroalimentación. Por ejemplo, la presencia de *fauna silvestre* infectada por la rabia puede incrementar la prevalencia de esta enfermedad en animales domésticos y ello, a su vez, puede conllevar el incremento de la *prevalencia* de rabia en la población de *fauna silvestre*. Esto no se puede representar como una red de creencias bayesiana, pero el incremento de la *prevalencia* de rabia en la población doméstica derivado de la población de *fauna silvestre* sí puede representarse como una red de creencias bayesiana.

Ejemplos

Pollino Carmel *et al.* 2007.

● Herramienta 19: Árboles de precisión

P.S. Miller

Nombre: Árbol de precisión, un paquete informático para el análisis de decisiones con hojas de cálculo, de Palisade, Inc.

Referencias

Clemen y Reilly 2001.

Fuente

Este programa se puede comprar y descargar en el sitio web de Palisade: www.palisade.com/precisiontree/.

Costo

Se puede comprar como aplicación aparte o como parte de un paquete de herramientas de decisión que ofrece Palisade. Los precios se pueden consultar en la página web.

Requisitos de software

Los árboles de precisión requieren un procesador Pentium PC o sus versiones más recientes, Microsoft Excel 2000 o sus versiones más recientes y Microsoft Windows 2000-SP4 o sus versiones más recientes.

Etapas del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Los árboles de precisión se pueden usar durante los pasos de *evaluación del riesgo* y de *gestión del riesgo*, en los que se evalúan los riesgos existentes o posibles de introducción y *transmisión* de una enfermedad en situaciones específicas.

Descripción del uso de la herramienta

Los análisis de decisión proveen un método sistemático de descripción de problemas en el que se tienen en cuenta las preferencias y creencias en cuanto a la *incertidumbre*. Constituyen el proceso de modelado de un problema para saber qué decisión tomar. Los árboles de decisiones, contrariamente a lo que ocurre con los diagramas de influencias, muestran todas las opciones de decisión posibles y los sucesos probables con una estructura de derivaciones organizadas cronológicamente de izquierda a derecha, en la que se observan los sucesos y las decisiones a medida que tienen lugar.

Todas las opciones y resultados, junto con los valores y probabilidades relacionados con estos, se presentan a través de un diagrama en forma de árbol. Hay muy poca ambigüedad en cuanto a los posibles resultados y las decisiones representadas en el árbol.

Los árboles de precisión constituyen un complemento de Microsoft Excel que permite al usuario crear diagramas de influencias y árboles de decisiones dentro de una misma hoja de cálculo. Durante la elaboración, se dispone de gran variedad de nodos; los valores y las probabilidades se sitúan directamente en celdas de la hoja de cálculo, lo que permite al usuario entrar y editar la definición del *modelo* de decisión. El modelo genera unos resultados finales para cada ruta del árbol de decisiones, que se van calculando a medida que se editan los valores de los nodos. Los informes de resultados del modelo brindan información en forma de resúmenes estadísticos del *modelo*, perfiles de riesgo y sugerencias en cuanto a normas. Se llevan a cabo análisis de la sensibilidad de un factor y de dos factores, mostrando los resultados de manera gráfica dentro de la hoja de cálculo. Otro componente del paquete de herramientas de Palisade, @Risk, puede vincularse a cualquier árbol de decisiones para cuantificar la *incertidumbre* a lo largo de todo el *modelo* usando funciones de distribución de probabilidades. La simulación por el método de Monte Carlo (Apéndice 4, pág. 111) se usa para evaluar el rango de posibles resultados asociados a una decisión específica.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Los usuarios deben estar familiarizados con el uso de *modelos* informáticos de simulación y con las teorías básicas de los análisis de decisión. Aunque es un programa fácil de usar a niveles básicos, para utilizarlo en un contexto más avanzado de manera apropiada se requieren competencias en estadística y biología relativas al objeto de estudio.

Datos necesarios

Dependen en gran medida de la pregunta que se haga como parte de la *evaluación del riesgo*. Para un análisis de decisión apropiado, es necesario disponer de datos sobre las características biológicas del problema y conocer los factores secundarios que definen el sistema en un marco más amplio (como el costo económico, el impacto sobre otras especies, etc.), con el fin de definir y calcular adecuadamente los resultados finales de cada decisión.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Los árboles de decisiones están diseñados para mostrar en gran detalle un problema de decisión, mientras que los diagramas de influencias son representaciones simplificadas del problema. Esto se considera una fortaleza y una debilidad, ya que problemas complejos respecto a los que se pueda decidir por muchas rutas alternativas pueden llegar a ser difíciles de ver y de interpretar correctamente. Al igual que con otras herramientas de modelado, la exactitud de cualquier resultado (decisión) está influida por la información que se haya entrado en el modelo. Sin embargo, si la estructura general del análisis de decisión es *robusta*, el valor proporcional de una decisión determinada suele ser fiable.

Casos

Murayama *et al.* 2006.

● Herramienta 20: Vortex

P.S. Miller

Nombre: Vortex, un modelo de simulación estocástica del proceso de extinción de poblaciones de fauna silvestre.

Referencias

Lacy R.C., Borbat M. y Pollak J.P. (2005). – Vortex: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Versión 9.50. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois.

Fuente

Para conocer todos los detalles de este programa y cómo descargar el paquete de instalación, visite: www.vortex9.org

Costo

Se puede descargar de manera gratuita a través de www.vortex9.org.

Requisitos de software

Se requiere un ordenador con Microsoft Windows 95, 98, 2000, NT 4.0 o XP, y con al menos 128MB de RAM.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

Vortex se puede utilizar en la *evaluación y gestión del riesgo* cuando se valoran en distintas situaciones los riesgos actuales y futuros de introducir y *transmitir* la enfermedad.

Descripción del uso de la herramienta

Vortex es un modelo de simulación basado en individuos para el análisis de la viabilidad de la población (en la Fig. 29 se muestra un ejemplo de la interfaz para la entrada de datos, y en la Fig. 30, un ejemplo de la pantalla de resultados). Este paquete calcula modelos de la dinámica de poblaciones en forma de sucesos discretos y secuenciales (por ejemplo, nacimientos, muertes, catástrofes, etc.) que tienen lugar según unas probabilidades específicas. Las probabilidades de los sucesos se modelan como constantes o como variables aleatorias que siguen distribuciones específicas. Vortex simula una población a través de una serie de sucesos que describen el ciclo de vida característico de organismos diploides de reproducción sexual. Inicialmente, este programa se diseñó para modelar poblaciones de mamíferos y aves, pero se ha mejorado su capacidad de tal forma que ahora puede utilizarse para modelar poblaciones de reptiles y anfibios, y quizás podría utilizarse para peces, invertebrados o incluso plantas, siempre que tengan una fecundidad relativamente baja o puedan modelarse de tal forma que la tengan.

Además de analizar poblaciones de forma individual, este programa también puede analizar dinámicas complejas de metapoblaciones con dispersión entre subpoblaciones. Asimismo, modela la pérdida de variación genética de las poblaciones estimando la *transmisión* de alelos de padres a descendencia en un locus genético hipotético. De esta manera, pueden incluirse los impactos demográficos de la depresión por endogamia cuando corresponda. Puede modelarse explícitamente la dependencia de la densidad en la reproducción o la mortalidad y también se incluyen las actividades destinadas a la gestión en forma de recolecta, suplementación y translocación. Se pueden especificar parámetros demográficos con mayor complejidad y especificidad mediante un editor de funciones matemáticas incorporado.

Se pueden crear múltiples situaciones en un mismo proyecto de modelado, lo cual permite al usuario generar y revisar rápida y fácilmente *modelos* alternativos que representen diferentes estrategias de gestión, etc. Varios resultados del modelo se pueden representar de forma gráfica o tabulada, como el riesgo de extinción de la población, la abundancia de población, la media o la mediana del tiempo que queda hasta la extinción, el coeficiente medio de endogamia, la diversidad génica de la población (heterocigosidad) o el tamaño final de la población. Toda la información entrada y los resultados obtenidos de un conjunto de análisis se guardan en un archivo, lo cual simplifica el proceso de organización de situaciones.

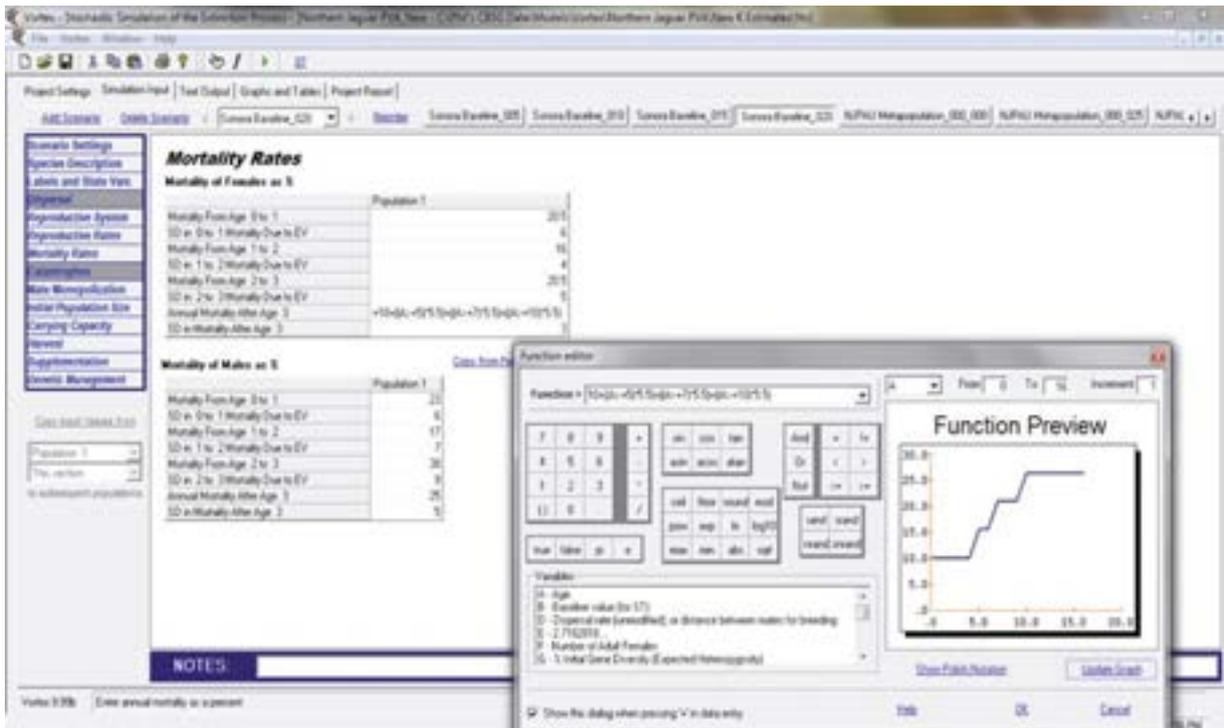


Fig. 29
Ejemplo de pantalla para la entrada de datos en el paquete de simulación Vortex, en la que se muestra el uso de la interfaz de edición

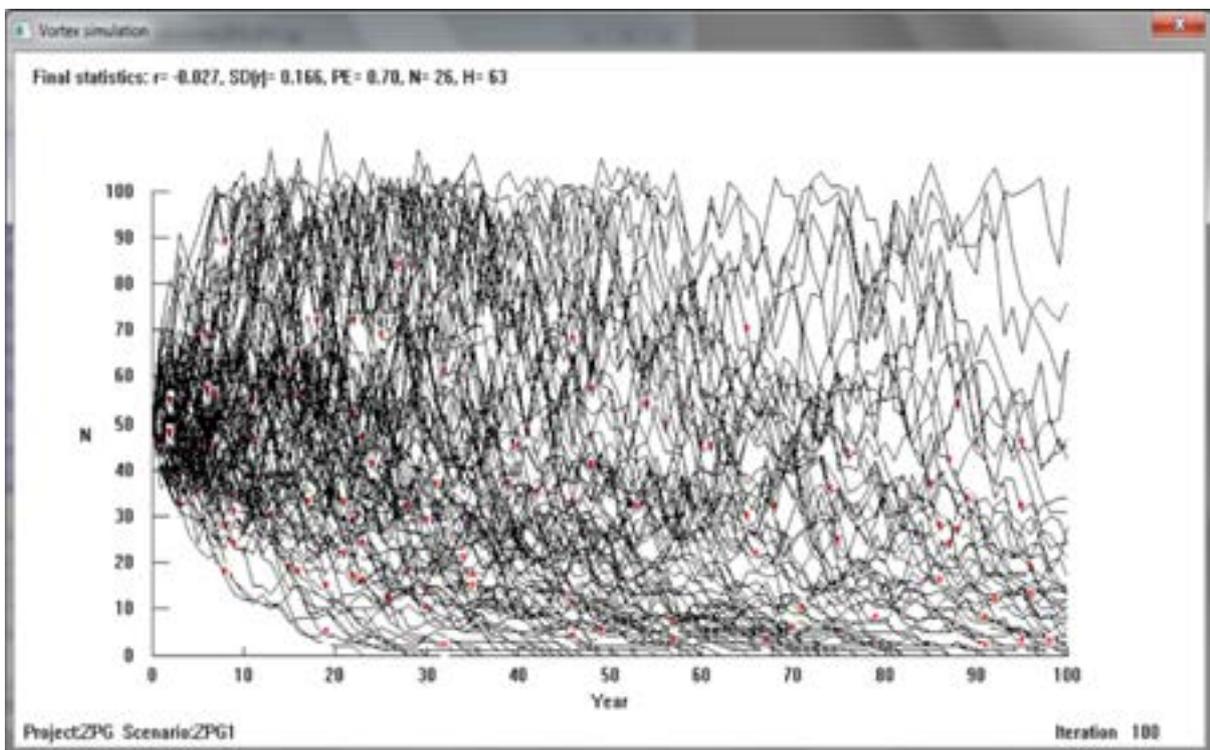


Fig. 30
Muestra de los resultados de una simulación con Vortex

Como ocurre con otros paquetes de modelado demográfico genérico, en Vortex, la enfermedad se trata de una forma bastante sencilla, es decir, como un suceso catastrófico que está totalmente ausente en la población o bien que la está afectando considerablemente. La capacidad de las funciones del programa permite lograr algo más de realismo en el modelado de la enfermedad, pero las *epidemias* no se simulan como sucesos emergentes basados en la epidemiología subyacente de la enfermedad. Por lo tanto, para lograr un mayor realismo en el modelado de la dinámica de la enfermedad, ahora Vortex se puede vincular físicamente al modelo de dinámica de enfermedad OUTBREAK (véase la pág. 83), creando así un metamodelo.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Es necesario que los usuarios conozcan bien la demografía de la población y los métodos estadísticos aplicables al análisis de datos. El proceso de entrada de datos es muy explícito, lo cual simplifica un poco el proceso de análisis de los datos de campo que se utilizarán en el *modelo*.

No obstante, para desarrollar un *modelo* realista y que resulte útil para la toma de decisiones relativas a la gestión es fundamental proceder con cautela tanto al estructurar el modelo como durante la entrada de datos.

Datos necesarios

Para elaborar *modelos* realistas de la dinámica demográfica de poblaciones se requiere un importante nivel de conocimiento de las tasas demográficas de la población (medias y varianzas a lo largo del tiempo), así como de los factores ecológicos que las afectan.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Dado que Vortex es un *modelo* basado en el individuo, resulta muy útil para determinar y predecir la dinámica demográfica de pequeñas poblaciones que están sujetas a fluctuaciones aleatorias de las tasas de natalidad y de mortalidad provocadas por la variabilidad ambiental, entre otros factores. De igual manera, este programa puede resultar muy útil para estudiar la dinámica de una enfermedad en poblaciones de *fauna silvestre*, especialmente en un contexto de metapoblación y cuando se vincula a un *modelo* de enfermedad explícito como OUTBREAK. Sin embargo, esta misma característica lo hace

inadecuado para estudiar poblaciones grandes de *fauna silvestre* (p. ej., de más de 300 000 individuos). Como ocurre con cualquier paquete de modelado, la interpretación específica de los resultados de la simulación depende de la exactitud y del realismo de los parámetros entrados.

Ejemplos

Bradshaw *et al.* 2012.

● Herramienta 21: RAMAS

P.S. Miller

Nombre: RAMAS, análisis de la viabilidad de metapoblaciones estructurado por etapas.

Referencias

Akçakaya H.R. (2005). – RAMAS Metapop: Viability Analysis for Stage-Structured Metapopulations. Versión 5. Applied Biomathematics, Setauket, Nueva York.

Fuente

En la página web www.ramas.com/ramas.htm se ofrece una descripción detallada del programa. Este programa se puede encargar a Applied Biomathematics, 100 North Country Road, Setauket, Nueva York.

Costo

Se ofrecen precios reducidos del programa RAMAS Metapop y la aplicación RAMAS GIS para estudiantes. Consulte en la página web indicada los precios y las condiciones actuales para obtener la licencia.

Requisitos de software

Ordenador compatible con IBM que ejecute Microsoft Windows 95, 98, 2000, NT 4.0 o XP, y con 30 megabytes de espacio libre en el disco duro.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

RAMAS se puede utilizar durante la *evaluación del riesgo* y la *gestión del riesgo*, en las que se evalúan en situaciones específicas los posibles riesgos de introducción y *transmisión* de la enfermedad.

Descripción del uso de la herramienta

RAMAS Metapop es un programa interactivo que permite al usuario construir *modelos* demográficos matriciales de la población para especies que viven en múltiples zonas. Incorpora los aspectos espaciales de la dinámica de la metapoblación, como la configuración de las poblaciones, las recolonizaciones y las dispersiones entre zonas, así como la similitud de los patrones ambientales experimentados por las poblaciones. Este programa puede usarse para predecir los riesgos de extinción y valorar las opciones de gestión como el diseño de reservas, las translocaciones y las reintroducciones, y para valorar el impacto humano en las poblaciones fragmentadas. Las aplicaciones de RAMAS Metapop son la edad o estructura de cada población, la variación aleatoria y la tendencia temporal de las tasas vitales (supervivencia y fecundidad) y de las capacidades de carga de las poblaciones, varios tipos de dependencia de la densidad, las tasas de dispersión por edad o por etapa y las catástrofes. El programa mide de distintas formas los resultados obtenidos en cada *modelo*, como el riesgo de extinción o declive de la población, la mediana del tiempo que queda hasta la extinción, la abundancia mínima esperada, la ocupación de la metapoblación a lo largo del tiempo e histogramas de la abundancia en cada etapa de la historia de vida que forma parte del *modelo*.

RAMAS GIS está diseñado para ligar un SIG con un *modelo* de metapoblación para el análisis de la viabilidad de la población y la *evaluación del riesgo* de extinción. Este programa importa datos espaciales sobre los requisitos ecológicos de una especie y crea un mapa del hábitat ideal con un modelo funcional definido por el usuario. A continuación, el programa usa el mapa creado para encontrar zonas de hábitats ideales sobre el paisaje y combina la información espacial de la metapoblación con los parámetros ecológicos definidos por el usuario para crear un *modelo* funcional de metapoblación que se evalúa usando el paquete integrado RAMAS Metapop.

Al igual que la mayoría de paquetes genéricos para el análisis de poblaciones, en RAMAS, la enfermedad en poblaciones animales se trata de forma bastante abstracta, normalmente como suceso catastrófico que tiene un impacto considerable en la(s) población(es) de interés cuando aparece, pero que por lo demás está ausente en el ambiente. Para los casos en los que el modelo contiene una estructura de metapoblación, RAMAS dispone de la opción «catástrofes en propagación» que podría simular el paso de la enfermedad de una subpoblación a otra debido a la dispersión de individuos.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

Por su flexible sistema de definición y construcción del modelo, los usuarios de RAMAS deben estar familiarizados con el análisis de datos demográficos, la teoría de la matriz de crecimiento poblacional por edad y por etapa, y la interpretación estadística de los datos de la población. La navegación a través del programa es intuitiva, pero el manejo de los archivos de los datos que se entran y de sus resultados puede ser un poco complicado.

Datos necesarios

Para utilizar *modelos* realistas de dinámica demográfica de poblaciones es necesario contar con los datos de las tasas demográficas de la población (media y varianza a lo largo del tiempo) y de los factores ecológicos que las afectan.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

RAMAS es un paquete muy flexible para el análisis de la viabilidad de poblaciones de animales, plantas o insectos. Es un *modelo* basado en la población que permite al usuario estudiar poblaciones muy grandes sin limitaciones computacionales. Por otro lado, al basarse en una matriz, este programa requiere que el usuario tenga conocimientos más avanzados de los procesos demográficos de la población y del análisis de datos que otros programas de análisis de la viabilidad de una población. En comparación con otros programas, trata la enfermedad de forma implícita, pero con los conocimientos adecuados, RAMAS puede proveer al usuario datos muy útiles sobre los impactos de las enfermedades en las poblaciones de animales (es algo que no está tan bien definido para las poblaciones de plantas). Como ocurre con cualquier otro paquete de simulación, la interpretación específica de los resultados de la simulación dependerá de la exactitud y el realismo de los parámetros entrados.

Ejemplos

Akçakaya y Atwood 1997. (No incluye enfermedad, pero muestra el uso general de RAMAS en el modelado de viabilidad de poblaciones).

● Herramienta 22: Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo

R.M. Jakob-Hoff

Nombre: Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo.

Referencias

Modificado de Armstrong *et al.* 2003.

Fuente

La referencia mencionada en el punto anterior.

Costo

Gratuito. Se muestra en la Tabla XII.

Requisitos de software

Puede usarse impreso, en Microsoft Word o en Microsoft Excel.

Etapa(s) del análisis del riesgo en la(s) que se puede utilizar

En la *comunicación acerca del riesgo*

Descripción del uso de la herramienta

La información que se registre en esta plantilla (Tabla XII, pág. 99) debe reunirse al comienzo del proceso del ARE y revisarse con frecuencia a lo largo del mismo. La plantilla está diseñada para registrar información esencial de las partes interesadas, los expertos y los encargados de la toma de decisiones que participen en un ARE en *fauna silvestre*. Se utiliza a partir de la consulta con estos

profesionales para registrar la información necesaria, con qué métodos prefieren trabajar y con qué frecuencia se llevará a cabo la comunicación. La plantilla se puede modificar fácilmente para incluir los nombres completos y demás datos de contacto de cada persona de la lista y para registrar otras necesidades relativas a la comunicación o modificar las ya registradas.

Experiencia y competencias necesarias para usar esta herramienta

No se requieren competencias específicas.

Datos necesarios

Los nombres y demás datos de contacto de los participantes y colaboradores en el ARE, la información necesaria y los métodos y frecuencia de comunicación preferidos.

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

Es una plantilla sencilla y fácil de modificar. Su valor principal es la rapidez con que puede registrarse la información más básica necesaria para establecer una comunicación efectiva entre las partes interesadas, los expertos y los encargados de la toma de decisiones del ARE. Debe asignarse a alguien la responsabilidad de registrar esta información, así como de mantener y revisar con frecuencia el plan de comunicación para garantizar que está al día.

Ejemplos

Véase el ejemplo de la Tabla III del apartado «Comunicación acerca del riesgo» de este *Manual* (pág. 27).

Tabla XII
Plantilla para un plan de comunicación acerca del riesgo

Grupo	Nombre de los representantes de las partes interesadas	Información necesaria	Métodos de comunicación	Frecuencia	Datos de contacto
Partes interesadas					
Expertos					
Encargados de la toma de decisiones					

Apéndices

Apéndice 1 Fuentes de información para llevar a cabo un análisis del riesgo de enfermedad en fauna silvestre⁷

R.M. Jakob-Hoff y S.C. MacDiarmid

En gran variedad de revistas científicas, libros de texto y páginas web dedicadas al estudio de las enfermedades de la *fauna silvestre*, los animales de zoológico, los animales acuáticos y los animales de producción, puede hallarse la información necesaria para la identificación de peligros, para la evaluación de las probabilidades de liberación y exposición a un agente patógeno y sus consecuencias, y para determinar las opciones de gestión del riesgo. A continuación, se ofrecen algunos ejemplos:

Libros de texto

Friend M. (2006). – Disease emergence and resurgence: the wildlife–human connection. Circular 1285, US Department of the Interior and US Geological Survey, Washington, District of Columbia.

Hudson P.J., Rizzoli A., Grenfell B.T., Heesterbeek H. & Dobson P. (eds) (2006). – The ecology of wildlife diseases. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.

Kaner S., Lind L., Toldi C., Fisk S. & Berger D. (2007). – Facilitator's guide to participatory decision making. 2nd Ed. Jossey-Bass, San Francisco, California.

Ostfield R.S., Keesing F. & Eviner V.T. (eds) (2008). – Infectious disease ecology: effects of ecosystems on disease and of disease on ecosystems, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Salman M.D (ed.) (2003). – Animal disease surveillance and survey systems Methods and applications. Iowa State Press, Ames, Iowa.

Thrusfield M. (2007). – Veterinary epidemiology, 3rd Ed. Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido.

Vose A. (2008). – Risk analysis, a quantitative guide, 3rd Ed. John Wiley and Sons, Chichester, Reino Unido.

Wobeser G.A. (2006). – Essentials of disease in wild animals. Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido.

Wobeser G.A. (2007). – Disease in wild animals: investigation and management, 2nd Ed. Springer, Berlin.

Revistas científicas

Journal of Zoo and Wildlife Medicine
(<http://zoowildlifejournal.com/>)

Journal of Wildlife Diseases (www.jwildlifedis.org)

EcoHealth (<https://ecohealth.net/en/>)

Páginas web sobre fauna silvestre

Base de datos de reintroducción y translocación de aves

Lincoln Park Zoo (www.lpzoo.org/conservation-science/projects/avian-reintroduction-and-translocation-database)

Grupo de Trabajo Científico de la FAO sobre la Sanidad de la Fauna Silvestre y de los Ecosistemas (www.wildlifedisease.org/wda/portals/0/faoworkareas.pdf)

Herramientas para el análisis del riesgo de enfermedad (ARE) en fauna silvestre del Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (www.cbsg.org/cbsg/risk/)

Base de datos del Grupo Especialista en Especies Invasoras de la SSC (Comisión para la Supervivencia de Especies) de la UICN (www.issg.org/database/welcome/)

Grupo Especialista en Reintroducción de la SSC de la UICN (www.iucnsscrg.org)

⁷ Apartado basado en Brückner *et al.* 2010

Grupo Especialista en Sanidad de la Fauna Silvestre de la SSC de la UINC (www.iucn-whsg.org)

Grupo de Trabajo de la OIE sobre las Enfermedades de los Animales Silvestres (http://web.oie.int/wildlife/eng/en_wildlife.htm)

Health Risk Analysis in Wildlife Translocations (www.ccwhc.ca/wildlife_health_topics/risk_analysis/rskguidintro.php)

Wildpro, la enciclopedia y biblioteca electrónica sobre fauna silvestre (<http://wildpro.twycrosszoo.org>)

Wildlife Data Integration Network (www.wdin.org)

Información sobre *vigilancia, seguimiento* e investigación de brotes de enfermedad (a continuación)

Página web de la OIE (www.oie.int):

- estatus zoonosario oficial de un país
- hojas informativas sobre las enfermedades de los animales
- *Código Sanitario para los Animales Terrestres* (www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/)
- *Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres*
- *Código Sanitario para los Animales Acuáticos*
- *Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Acuáticos*
- Publicaciones y documentación, como *Revista Científica y Técnica*, *Sanidad Animal Mundial* y el *Boletín*
- *Base de Datos del Sistema Mundial de Información Zoonosaria (WAHIS)* (www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Wahidhome/Home/indexcontent/newlang/es)

Normas Sanitarias – Codex Alimentarius de la FAO/OMS (www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/)

FAO EMPRESS (www.fao.org/ag/AGInfo/programmes/en/empres/home.asp)

Sistema Mundial de la FAO/OIE/OMS de Alerta y Respuesta Temprana para las Enfermedades Animales Incluidas las Zoonosis (GLEWS) (www.glews.net)

Emslie R.H., Amin A. y Kock R. (ed.) (2009).

– Guidelines for the *in situ* re-introduction and translocation of African and Asian rhinoceros. Grupo Especialista en Rinoceronte Africano, Grupo Especialista en Rinoceronte Asiático y Grupo Especialista en Sanidad de la Fauna Silvestre de la Comisión para la Supervivencia de Especies de la UICN (www.rhinoreourcecenter.com/pdf_files/123/1236876187.pdf)

Grupo Especialista en Elefante Africano de la SSC de la UICN. Directrices para la reubicación *in situ* del elefante africano con fines de conservación (www.african-elephant.org/tools/trnsgden.html)

Conservation and Development Interventions at the Wildlife/Livestock Interface – Implications for Wildlife, Livestock and Human Health. Este artículo de la SSC de la UICN se puede descargar de la página web de *Animal and Human Health for the Environment and Development (AHEAD)* (www.wcs-ahead.org/wpc_launch.html)

Publicaciones sobre el análisis del riesgo de enfermedades en fauna silvestre

Ante cualquier publicación de este tipo, es necesario comprobar si se ha sometido a una revisión científica externa o no, puesto que los análisis revisados por expertos tienen más credibilidad. También es necesario asegurarse de que las circunstancias de una situación puedan aplicarse a otra.

Consejo y ayuda

También puede solicitarse consejo y ayuda a diferentes especialistas, como especialistas en *fauna silvestre*, ecólogos, entomólogos, climatólogos, epidemiólogos, veterinarios patólogos, virólogos, microbiólogos, parasitólogos, especialistas en diagnóstico de laboratorio, especialistas en la industria pecuaria, especialistas en economía agraria o veterinarios de campo. En caso de realizar un *análisis del riesgo cuantitativo*, probablemente también será necesario pedir consejo a especialistas en modelos matemáticos y a estadísticos.

Cuando se dispone de pocos datos, la *evaluación* de la liberación, la exposición y las consecuencias se puede llevar a cabo con un enfoque subjetivo a partir de la *opinión de los expertos*. Sin embargo, hay que tener cuidado a la hora de elegir la opinión de expertos para evitar el sesgo y afrontar los posibles desacuerdos entre ellos. Se han descrito métodos para la obtención y combinación de las opiniones de los expertos (Vose 2000; Murray *et al.* 2004). Estudios psicológicos han mostrado lo complejo de obtener buenas estimaciones subjetivas de la

probabilidad, puesto que puede aparecer sesgo debido tanto a los métodos que se emplean para obtener las opiniones como a los que se aplican para establecer los modelos a partir de tales opiniones. Murray *et al.* (2004) describieron una técnica Delphi modificada de probada utilidad en muchas ocasiones.

Apéndice 2

Vigilancia, seguimiento e investigación de brotes de enfermedad como fuente de información

S.C. MacDiarmid

En general, el fin de la *vigilancia* es demostrar la ausencia de enfermedad o infección, determinar la *prevalencia* o distribución de la enfermedad o infección, o detectar enfermedades nuevas o emergentes tan pronto como sea posible (OIE 2010).

La *vigilancia* es un proceso continuo y sistemático de recogida, organización y análisis de datos relacionados con la sanidad animal, así como de difusión de esa información a aquellas personas que deban conocerla para tomar medidas. Por otra parte, el *seguimiento* es el análisis intermitente de medidas y observaciones destinado a detectar cambios en el medio ambiente o en el estado sanitario de una población. Ambas son importantes fuentes de información para la *identificación de peligros* y la *evaluación del riesgo*.

La *vigilancia* puede llevarse a cabo por diferentes razones (Thrusfield 2007; OIE 2010). A continuación se indican algunos ejemplos:

- la detección temprana de brotes de enfermedad
- la evaluación del estatus sanitario de una población animal determinada
- la identificación de enfermedades nuevas y emergentes
- la identificación de factores prioritarios en el control y prevención de una enfermedad
- la evaluación de programas de control de enfermedades
- la confirmación de la ausencia de una determinada enfermedad
- la recopilación de información sobre la prevalencia de enfermedad con fines de investigación o de *análisis del riesgo*.

Una misma enfermedad puede afectar por igual a animales domésticos y *silvestres*, pero encontrarla en unos no necesariamente significa que también la sufran los otros. Evidentemente, el seguimiento y la vigilancia de las enfermedades es más complejo en la *fauna silvestre* que en los animales domésticos, y también suponen retos distintos (Mörner *et al.* 2002; OIE 2010).

La *vigilancia* epidemiológica puede estar basada en muchas fuentes de información diferentes y puede clasificarse de diversas maneras (OIE 2010). Por ejemplo:

- según la forma en que se recaba la información (*vigilancia* «activa» frente a «pasiva»)
- según el enfoque (*vigilancia* específica de un *agente patógeno* frente a *vigilancia* general)
- según la manera en la que se seleccionan las unidades de observación (encuestas estructuradas frente a fuentes de información no arbitrarias).

La *vigilancia* pasiva es la que se basa en informes de diagnóstico de laboratorio, resultados de inspecciones rutinarias en matadero y actividad cinegética, la declaración obligatoria de ciertas enfermedades, etc. A menudo, la información obtenida por esta vía está sesgada porque depende del envío voluntario de muestras a laboratorios y, en general, sin ninguna pauta. Por lo tanto, la *vigilancia* pasiva no permite obtener una estimación imparcial de la *prevalencia* de enfermedad. Sin embargo, puede realizarse con un menor coste que la activa y tiene la ventaja de ser el primer paso en la detección de enfermedades nuevas y emergentes, algo que la *vigilancia* activa no podría hacer porque no se puede realizar una *vigilancia* específica de una enfermedad que aún no está identificada (Thrusfield 2007).

Con la *vigilancia* activa, o dirigida, se recopila información específica sobre una enfermedad en particular, de tal manera que se puede medir la *prevalencia* en una población animal en concreto o bien demostrar su ausencia. Precisa de una planificación con técnicas de muestreo estadístico apropiadas. Normalmente, se planifica empleando una teoría estadística de muestreo adecuada y tiende a centrarse en poblaciones con un mayor riesgo de padecer la enfermedad, lo cual aumenta la eficiencia de la detección (Thrusfield 2007; OIE 2011). Sin embargo, en el caso de enfermedades de *prevalencia* muy baja, este tipo de muestreo estadístico puede no ser adecuado debido a que precisa un número muy grande de muestras. Hugh-Jones *et al.* (2000) observaron que «Cuando la *prevalencia* o riesgo son demasiado pequeños, se debe renunciar a la estadística y usar el sentido

común epidemiológico. Llegados a este punto, es necesario emplear “trampas” para capturar la enfermedad. Cuando se cazan conejos, no se llena el campo de lazos sino que se colocan en aquellos sitios por donde es más probable que los conejos pasen. De forma similar, cuando un sistema de *vigilancia* activa ha analizado todos aquellos puntos en los cuales podría detectarse la enfermedad y no ha encontrado nada en un periodo razonable de tiempo, se puede considerar que en tales puntos no se encuentra la enfermedad».

La *vigilancia* serológica consiste en la detección de patrones de infección, presente o pasada, a partir de pruebas serológicas (de detección de anticuerpos) (Thursfield 2007).

La *vigilancia* puede llevarse a cabo en una población animal completa de un área específica o de un país. Sin embargo, también se puede recurrir a la *vigilancia* centinela, en la cual la atención se centra en ciertas especies que actúan como «centinelas» de una población mucho más grande. Por ejemplo, la encefalitis equina del este es una enfermedad vírica transmitida por mosquitos que afecta a los caballos y a otros vertebrados, como las personas, y cuyo *reservorio* son aves silvestres. Por lo tanto, un programa de *vigilancia* de encefalitis equina del este debe incluir análisis serológicos periódicos de pollos centinela mantenidos bajo control pero a los cuales puedan acceder los mosquitos (Thursfield 2007).

Los ejemplares que se utilizan en la *vigilancia* de enfermedades de *fauna silvestre* pueden obtenerse con la colaboración de cazadores y tramperos, pueden ser animales atropellados o pueden conseguirse en mercados de carne de animales silvestres o puestos de inspección sanitaria de fauna cinegética; también puede obtenerse información a partir de las observaciones sobre morbilidad y mortalidad de la *fauna silvestre* realizadas por el público general, centros de rehabilitación de *fauna silvestre*, biólogos especialistas en *fauna silvestre* o personal de campo de instituciones gubernamentales dedicadas a la *fauna silvestre*, así como ganaderos, naturistas o conservacionistas. Puede parecer que unos datos recogidos de forma tan pasiva constituirán una cifra más de una base de datos de laboratorio, pero estas observaciones pueden ofrecer una visión importante de la presencia de un proceso patológico que afecte a poblaciones de animales silvestres (Mörner *et al.* 2002; OIE 2010).

Los estudios de los brotes de enfermedad o de la mortalidad de la *fauna silvestre* pueden dar información de utilidad para la *vigilancia*. En una discusión sobre la *vigilancia* de enfermedades de la *fauna silvestre*, Mörner *et al.* (2002) apuntaron que, aunque al estudiar una enfermedad deben tenerse en cuenta muchos factores, consideran «imposible» preparar una lista completa de todos los factores que deben investigarse. Aun así, Bengis *et al.* (2002) crearon una lista de las técnicas que pueden maximizar la obtención de datos relevantes para la *vigilancia* al investigar un brote de enfermedad. Estos son algunos ejemplos:

- investigación activa de todos los informes o testimonios de mortalidad anómala, *signos clínicos* o incremento sostenido de la actividad buitrera en una región dada
- necropsia, para este fin concreto, de todos los cadáveres disponibles; la recogida de animales atropellados en carretera y el examen de las capturas realizadas por cazadores incrementarán sustancialmente el número de cadáveres analizados
- inspección veterinaria de cualquier operación de sacrificio de *fauna silvestre*
- supervisión veterinaria de áreas protegidas para el *seguimiento* de enfermedades
- exploración física de todos los animales capturados por cualquier motivo, como translocaciones, atención clínica, colocación de radio-collares o eliminación de animales problemáticos
- supervisión veterinaria de todos los animales silvestres de los centros dedicados a la fauna silvestre y a las piezas de caza
- estudios serológicos destinados a este fin.

Bengis *et al.* (2002) remarcaron la importancia de obtener muestras de todo tipo, como líquidos, tejidos y excreciones corporales, así como de crear un banco de muestras de suero para posibles futuros estudios retrospectivos.

Otras técnicas de *vigilancia* indirecta pueden ser las siguientes:

- captura de roedores para la realización de estudios serológicos, como por ejemplo, para detectar arbovirus o cardiovirus, o para el aislamiento de agentes *patógenos*.
- captura de vectores para estudios de distribución de enfermedades (por ejemplo, *Glossina* spp. o *Culicoides* spp.) o para el aislamiento de virus (orbivirus o flebovirus, por ejemplo) y el xenodiagnóstico.

Apéndice 3

Pruebas de detección: selección, interpretación y cálculo del tamaño de la muestra

B.A. Rideout

El uso de pruebas de detección para comprobar la presencia o ausencia de *agentes patógenos* es una parte importante del *análisis del riesgo de enfermedad* que se describe en este manual y constituye una herramienta indispensable en muchas de las técnicas de *vigilancia* que se indican en el apéndice anterior. En cualquier prueba de detección surgen problemas y retos, por lo que en un ARE de gran tamaño y carácter multidisciplinario es recomendable que todas las personas involucradas dispongan de un conocimiento básico de estas técnicas. En este apéndice se introducen tres áreas de gran importancia:

- la selección de las pruebas
- la interpretación de las pruebas y su aplicación a la toma de decisiones
- el cálculo del tamaño de la muestra para la detección del agente patógeno en cuestión.

Es necesario tener en cuenta que, a pesar de que este manual va destinado a personal no especializado, es muy recomendable consultar a veterinarios expertos el diseño, la implementación y la interpretación de cualquier estudio destinado a la detección de agentes patógenos.

Cómo elegir la prueba de detección

En la mayoría de los casos, el fin de una prueba de detección será descartar la presencia de un agente patógeno (los detectados en el paso de *identificación del peligro*), de tal manera que para la translocación se escojan solo los animales completamente sanos. Si previamente se ha llegado a la conclusión de que está justificada la detección de cierto *agente patógeno*, deberá decidirse qué prueba utilizar. Los factores que van a determinar la elección de la prueba son las especies hospedadoras, la *prevalencia* estimada del agente en la población, la sensibilidad y especificidad de la prueba, el número de individuos que se va a analizar, la naturaleza del agente, si causa enfermedad aguda o crónica, si el fin es detectar exposición al agente o infección activa, el coste y disponibilidad de la prueba, el volumen y naturaleza necesarios de las muestras y los requisitos en cuanto a la manipulación y conservación de las muestras (véase «Explicación de los factores que influyen en la elección de la prueba», en la página 107). En la tabla XIII se muestra una lista de las características de las pruebas que más se utilizan para la detección de enfermedades de los animales.

Para establecer cuál es la prueba óptima, es importante tener en cuenta qué especies hospedadoras se van a analizar y si la prueba está validada para su uso en las mismas. La validación de pruebas es un factor importante a tener en cuenta y que a menudo se pasa por alto. Que una prueba esté validada implica que su exactitud está asegurada (es decir, que la prueba detectará el agente en caso de encontrarse presente, que solo detectará ese agente y que no lo detectará cuando no se encuentre presente). Además, asegura que los resultados son reproducibles (cada vez que se analice una misma muestra, el resultado será el mismo) y que la prueba tiene capacidad de respuesta (el resultado positivo desaparecerá en caso de que el agente patógeno desaparezca).

Desafortunadamente, muy pocas pruebas se han validado para su uso en especies de *fauna silvestre*. A pesar de ello, se pueden minimizar los problemas derivados del uso de pruebas no validadas evitando el uso de pruebas específicas de especie. Por ejemplo, los enzimoimmunoanálisis (como el ELISA indirecto) requieren anticuerpos marcados que reconocen los anticuerpos de una determinada especie de animal doméstico. No debe darse por sentado que estas pruebas funcionarán en una especie de *fauna silvestre* (es decir, que sus anticuerpos se unirán con la misma afinidad y eficacia) solo porque pertenezca al mismo grupo taxonómico que la especie doméstica para la que se han creado. Algunas pruebas, como las que detectan directamente el agente, no funcionan con reactivos específicos de especie y, por lo tanto, constituirán una mejor opción para su uso en la *fauna silvestre*. Aunque una de estas pruebas es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) convencional, la mayoría de los laboratorios comerciales usan PCR específicas de especie interpretando una banda de un determinado peso molecular como resultado positivo. Cuando se emplean PCR convencionales en *fauna silvestre*, es importante confirmar los resultados positivos con técnicas de secuenciación de ADN o inmunoelectrotransferencia, porque es frecuente obtener falsos-positivos. Las pruebas no específicas de especie se indican en la Tabla XIII, y son las de elección.

La sensibilidad de una prueba se define como su capacidad de detectar correctamente un agente cuando se encuentra presente. Dado que en la mayoría de los casos se precisa descartar la presencia de un agente etiológico, es importante elegir una prueba con la mayor sensibilidad posible. Sin embargo, dado que la sensibilidad de las pruebas casi nunca se conoce, una posible alternativa es recurrir a pruebas con una sensibilidad intrínseca (o posible) alta, como la PCR o un ELISA no específico de especie. Realizar dos pruebas diferentes en paralelo también incrementará la sensibilidad.

Tabla XIII
Características intrínsecas (analíticas) de las pruebas

Pruebas serológicas (de detección de anticuerpos)	Utilidad en fauna silvestre	Sensibilidad
ELISA de inhibición competitiva	Alta	Alta
ELISA de proteína A o G	Alta	Moderada
Neutralización del virus	Alta	Moderada
Inhibición de la hemaglutinación	Alta	Moderada
Fijación del complemento	Alta	Moderada
Inmunodifusión en gel de agar	Alta	Baja
Inmunofluorescencia directa	Alta	Moderada
ELISA indirecto de detección de anticuerpos	Baja	Alta
Inmunofluorescencia indirecta	Baja	Alta
Inmunoelctrotransferencia	Baja	Moderada
Pruebas de detección del agente infeccioso o del antígeno		
PCR** en tiempo real/TaqMan	Alta	Alta
Cultivo bacteriano o fúngico	Alta	Moderada
Aislamiento del virus	Alta	Moderada
Necropsia/biopsia/citología	Alta	Variable
PCR convencional para virus ADN	Alta*	Alta
PCR convencional para virus ARN	Alta*	Alta
ELISA directo de captura de antígeno	Moderada	Alta

* Si se confirma el resultado positivo

** PCR: Reacción en cadena de la polimerasa

También es importante elegir un laboratorio con la adecuada experiencia en el uso de dichas pruebas y en las especies que se van a analizar. Lo ideal es que el personal del laboratorio tenga experiencia en el desarrollo y validación de pruebas, conozca los problemas que pueden surgir al aplicar las pruebas en nuevas especies y condiciones, y tenga interés en trabajar en equipo para maximizar el valor de las pruebas.

La elección de las *pruebas de detección* puede considerarse un proceso de múltiples pasos:

1. En función de la naturaleza del agente en cuestión, determinar si es mejor su detección directa (p. ej., por PCR o cultivo) o indirecta, midiendo la respuesta inmunitaria del hospedador al agente (p. ej., una prueba de detección de anticuerpos para un agente que cause infecciones de por vida).
2. En función del número de animales que vaya a analizarse y de los requisitos de manipulación de las muestras, determinar qué prueba tiene mayor

sensibilidad y es más fácil de conseguir y más rentable. Si se desconoce la sensibilidad de la prueba, es mejor elegir una que posea una alta sensibilidad intrínseca y plantearse el utilizar dos pruebas diferentes en paralelo para maximizar la sensibilidad.

3. En función de la especie hospedadora que se vaya a analizar, determinar qué prueba validada es más apropiada para la especie o elegir una que no sea específica de especie.
4. Véase «Interpretación de las pruebas y aplicación de los resultados a la toma de decisiones», en la pág. 108.

Ejemplo

Se programó el traslado de un grupo de tres cóndores de California (*Gymnogyps californianus*) juveniles de un centro de cría en cautiverio de California, EE.UU., a una zona de liberación de Baja California, México. El requisito era que las aves fueran negativas para los serotipos H5 y H7 del virus de la influenza aviar altamente patógeno 30 días antes del traslado. Se nos pidió que analizáramos las aves para comprobar si presentaban anticuerpos contra los serotipos de la influenza aviar H5 y H7 mediante inmunodifusión en gel de agar (AGID).

En el momento en el que se solicitó el análisis, EE.UU. fue declarado libre de influenza aviar altamente patógena, por lo que la *prevalencia* esperada del *agente patógeno* era cero. De acuerdo con la naturaleza del agente y del hospedador, lo esperable era que toda posible *infección subclínica* se hubiese eliminado en un plazo máximo de dos a tres semanas pero que el título de anticuerpos persistiera durante un periodo indefinido, aunque posiblemente largo. Por ello, la mejor opción sería una prueba que detectara únicamente la infección activa, que tuviera la mayor especificidad posible (para minimizar los falsos positivos) y que no fuera específica de especie.

A pesar de que la AGID no es una prueba específica de especie, en esta situación no sería la ideal porque se basa en la detección de anticuerpos, y por lo tanto puede detectar la exposición previa a los serotipos H5 o H7 de la influenza aviar de baja patogenicidad, lo cual daría resultados positivos que se interpretarían erróneamente como una infección activa del ave por cepas de influenza aviar de *alta patogenicidad*. Debido a esta situación, se nos autorizó a utilizar una PCR en tiempo real específica de los serotipos de influenza aviar altamente patógenos H5 y H7. La PCR en tiempo real tampoco es específica de especie y tiene la ventaja de detectar únicamente infecciones activas y ser más sensible y específica que la AGID. Aunque la PCR en tiempo real es una prueba cara,

fue la más rentable debido a que el número de aves era bajo y a que las consecuencias de obtener falsos positivos habrían sido importantes. El plan preveía la confirmación de todo resultado positivo mediante el aislamiento del virus. Todas las aves dieron negativo para H5 y H7 mediante PCR en tiempo real y fueron trasladadas con éxito.

Explicación de los factores que influyen en la elección de la prueba

Especie hospedadora

En caso de que la especie hospedadora sea un animal doméstico, debe elegirse una prueba validada que sea adecuada para dicha especie. Si el hospedador es una especie de *fauna silvestre*, dado que en el mercado hay pocas pruebas validadas para tales especies, se deberá recurrir a una prueba de baja especificidad de especie (véase la Tabla XIII). Si la especie se encuentra en una de las listas de la CITES⁸ o el envío de muestras se encuentra regulado, pueden ser preferibles las pruebas que puedan conseguirse dentro del propio país.

Prevalencia del agente

Si es esperable que la *prevalencia* del agente en la población sea baja, se debe elegir la prueba de mayor sensibilidad para incrementar la probabilidad de detección. Sin embargo, cuando la *prevalencia* sea baja, la probabilidad de obtener falsos-positivos aumenta drásticamente. Por ello, todo resultado positivo debe confirmarse con una prueba lo más específica posible (y, por lo tanto, diferente de la *prueba de detección*). Cuando en una población la *prevalencia* del agente sea alta, debe elegirse una prueba con la mayor especificidad posible para aumentar la probabilidad de identificar correctamente los individuos que no están infectados. Sin embargo, cuando la *prevalencia* sea alta, la probabilidad de obtener falsos negativos aumenta drásticamente (véase el ejemplo 2 de la página 109). Como consecuencia, para asegurar que el individuo está libre de infección pueden ser necesarios largos periodos de *cuarentena* y la repetición de los análisis. Para más información sobre este tema, véase la herramienta de interpretación de las pruebas.

Sensibilidad y especificidad

La sensibilidad es la capacidad de una prueba de detectar de forma correcta la presencia de un agente, mientras que la especificidad es la capacidad de detectar correctamente la ausencia de un agente. Cuando la sensibilidad sea alta, habrá menos falsos negativos. Cuando la especificidad sea alta, habrá menos falsos positivos. Aunque estas características son importantes, no están calculadas para casi ninguna prueba. Dado que el propósito de la prueba de detección suele ser descartar la

presencia del agente, en general se desea maximizar la sensibilidad (minimizando así la probabilidad de obtener falsos negativos). Aunque no se conozca la sensibilidad de las pruebas, algunas tienen una sensibilidad intrínseca mayor (véase la Tabla XIII), lo que las convierte en las de elección. Además, en cualquier contexto analítico se puede maximizar la sensibilidad llevando a cabo dos pruebas diferentes de forma simultánea.

Número de individuos que debe analizarse

Si la población es grande y se espera que la *prevalencia* del agente sea baja, para asegurar la ausencia del mismo se necesita analizar un gran número de individuos. En esta situación, el coste y los requisitos relativos a la manipulación de las muestras cobran una mayor importancia. Véase la herramienta de cálculo del tamaño de la muestra.

La naturaleza del agente

Los agentes que se encuentran en el hospedador en un número escaso o que tienen la capacidad de causar latencia o una lenta infección progresiva son más complejos de detectar y, por lo tanto, requieren métodos de detección más complejos. Ciertos agentes van a ser difíciles de detectar por ser lábiles (p. ej., los virus de ARN pueden degradarse rápidamente mediante la acción de la ARNasa si las muestras no se manipulan de forma adecuada aplicando protocolos de conservación del ARN), o por ser difíciles de aislar. Para maximizar la probabilidad de detección, la prueba se debe elegir de manera minuciosa de acuerdo con las características del agente. Siempre es recomendable consultar con profesionales del laboratorio u otros expertos.

La detección de la exposición frente a la detección de la infección activa

Cuando el agente causa infecciones latentes o crónicas, la detección de la exposición puede ser una alternativa práctica a la detección de la infección (puesto que la exposición va a ser prácticamente sinónimo de infección). En el resto de situaciones (p. ej., agentes causantes de infecciones agudas con un *periodo de incubación* relativamente corto), el objetivo es detectar la infección activa. Obviamente, la elección de la prueba será diferente en cada situación.

Coste y disponibilidad de las pruebas

Es evidente que el coste y la disponibilidad de las pruebas son factores a tener en cuenta cuando se trabaja con grandes cantidades de muestras y en zonas geográficas remotas.

⁸ Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Las muestras y su manipulación

El tamaño y naturaleza del hospedador pueden limitar la disponibilidad de ciertos tipos de muestras (p. ej., muestras de sangre), mientras que la localización geográfica o la destreza de los operarios pueden limitar la complejidad alcanzable en la manipulación de las muestras. La Tabla XIII puede guiar en la elección de la prueba en estas situaciones.

Nota

La sensibilidad analítica refleja el potencial de rendimiento de una prueba en circunstancias ideales y no tiene por qué reflejar la verdadera sensibilidad diagnóstica en una situación real. La Tabla XIII puede emplearse como punto de partida para la elección de la prueba, pero siempre es recomendable consultar con expertos.

Interpretación de las pruebas y aplicación de los resultados a la toma de decisiones

En la *evaluación del riesgo* se pueden utilizar *pruebas de diagnóstico* o de detección únicamente si los resultados van a contribuir a la toma de decisiones. La realización de pruebas por mera curiosidad solo crea confusión e *incertidumbre* en el proceso de la *evaluación del riesgo*. El hecho de que una decisión vaya a basarse en el resultado de una prueba es algo que debe decidirse con antelación, conociendo perfectamente el rendimiento de la prueba en situaciones reales. En cuanto al rendimiento de las pruebas, se tiene la idea equivocada de que las pruebas de laboratorio siempre son fiables, en particular las que dan una respuesta concreta, como «positivo» o «negativo». Para poder interpretar de forma adecuada el resultado de una prueba y usarlo en la toma de decisiones, es necesario conocer ciertos principios básicos relativos a su rendimiento.

La **sensibilidad** de una prueba es la capacidad de la prueba de detectar correctamente la presencia de un agente patógeno, mientras que la **especificidad** es la capacidad de la prueba de confirmar la ausencia de dicho agente. Pero por muy importantes que parezcan estos parámetros, tienen muy poco valor práctico en lo que respecta a la interpretación de los resultados y la toma de decisiones. Casi nunca se conocen los valores de la sensibilidad y la especificidad de las pruebas, pero aunque se conocieran solo tendrían relevancia en la medida en que la población analizada coincidiera con la población con la que se calcularon esos valores. Y lo que es más importante, la sensibilidad y la especificidad son características de una prueba y no ayudan a comprender variaciones en el rendimiento de la prueba. El parámetro más práctico es el *valor predictivo* de una prueba, que indica la probabilidad de que un resultado sea correcto. En la mayoría de las situaciones reales, al recibir un resultado, lo que

realmente se debe saber es si dicho resultado es cierto, puesto que estaremos tomando importantes decisiones en base al mismo. El *valor predictivo* positivo indica la probabilidad de que un resultado positivo sea verdadero, mientras que el *valor predictivo* negativo indica la probabilidad de que un resultado negativo sea verdadero.

Desafortunadamente, para realizar el cálculo del *valor predictivo* real no basta con conocer la sensibilidad y la especificidad de la prueba, sino que también es necesario saber cuál es la *prevalencia* del agente en la población (véase el Ejemplo 1, a continuación, de cálculo del valor predictivo). Aunque rara vez se dispone de la información necesaria para calcular el *valor predictivo*, siempre se pueden emplear principios básicos del rendimiento de la prueba para generar reglas sencillas para la estimación del *valor predictivo*. Ese *valor predictivo* estimado puede utilizarse como guía para la interpretación de resultados y la toma de decisiones.

Dichas reglas se basan en la estimación cualitativa de la *prevalencia* del agente en la población (*prevalencia* baja, media o alta). Incluso con una especificidad y una sensibilidad altas, si la *prevalencia* del agente es baja, el *valor predictivo* positivo de la prueba también será bajo. Esto significa que cualquier resultado positivo tendrá una alta probabilidad de ser un falso positivo. Así, cuando la *prevalencia* es baja, se debe sospechar de cualquier resultado positivo e incluir un plan para confirmarlo. La prueba de confirmación tiene que ser diferente de la *prueba de detección* (repetir la prueba de detección probablemente solo serviría para generar otro falso positivo y crear mayor confusión). Aunque en esta situación el *valor predictivo* positivo sea bajo, el *valor predictivo* negativo será alto, lo cual significa que, en general, cuando la *prevalencia* sea baja se puede confiar en un resultado negativo.

A medida que la *prevalencia* del agente aumenta, esta relación se invierte: el *valor predictivo* positivo aumenta (por lo que se puede confiar en un resultado positivo), mientras que el *valor predictivo* negativo disminuye (ya no se puede confiar en un resultado negativo porque habrá una alta probabilidad de falsos negativos). La confirmación de un resultado negativo es más compleja y en ocasiones va a requerir largos periodos de *cuarentena* y la repetición de las pruebas a lo largo del tiempo.

Ejemplo 1: situación con una prevalencia baja

En esta situación hipotética, la idea es trasladar 1 000 ranas de una zona a otra. El hongo quitrido (*Batrachochytrium dendrobatidis*) se ha identificado como uno de los peligros en el proceso de *identificación del peligro*. Se ha realizado un

seguimiento de la población de origen y se cree que la *prevalencia* del hongo es muy baja (2%). La misión sería crear un grupo de ranas libres de este hongo, a partir de la población de origen, que puedan ser trasladadas. Supongamos que nuestra *prueba de detección* es muy buena, con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 90%. Si la *prevalencia* real en la población es del 2%, lo esperable sería que hubiera 20 individuos realmente positivos. Dada la sensibilidad y especificidad de nuestra prueba, tras analizar las 1 000 ranas podríamos esperar los siguientes resultados:

Resultado de la prueba	Presencia del agente	
	Sí	No
Positivo	19	98
Negativo	1	882

Al presentar los resultados en esta tabla 2x2 se observa que la prueba ha identificado correctamente a 19 de los 20 individuos infectados, lo cual es un muy buen resultado y refleja la alta sensibilidad. Sin embargo, la prueba también ha identificado incorrectamente 98 ranas como positivas, cuando en realidad no estaban infectadas. El cálculo del *valor predictivo* es el siguiente:

$$\text{Valor predictivo positivo} = 19 / (19 + 98) = 0,16 = 16\%$$

Esto significa que en esta población cualquier resultado positivo tiene solo un 16% de probabilidad de ser correcto. Si nuestro plan inicial era sacrificar a todo individuo positivo, habría una alta probabilidad de sacrificar innecesariamente a ranas completamente sanas debido a estos falsos positivos. Este es el motivo por el que es importante disponer de un plan para confirmar los resultados positivos con una prueba diferente de la *prueba de detección*. Si empleamos los mismos datos para calcular el *valor predictivo* negativo, observamos que es extremadamente bueno:

$$\text{Valor predictivo negativo} = 882 / (882 + 1) = 0,999 = 99,9\%$$

Esto demuestra que en una situación de baja prevalencia los resultados positivos deben interpretarse con cautela y confirmarse con otras pruebas, mientras que generalmente podemos confiar en los resultados negativos.

Ejemplo 2: situación con una prevalencia alta

En esta situación hipotética, el plan es rescatar 1 000 ranas de una población silvestre que está sufriendo un brote de quitridiomycosis. El objetivo es

la detección de las ranas negativas para el hongo para establecer una población libre del hongo que pueda someterse a un programa de cría y a la posterior liberación. Empleamos la misma prueba que en el ejemplo anterior, con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 90%, pero ahora la *prevalencia* es muy alta (90%). Con esta *prevalencia* lo esperable es que 900 de las 1 000 ranas estén infectadas, y que solo 100 estén libres del agente. Si de nuevo ponemos los resultados en una tabla 2 x 2, se obtiene lo siguiente:

Resultado de la prueba	Presencia del agente	
	Sí	No
Positivo	855	10
Negativo	45	90

Nuestra prueba ha detectado correctamente 90 de las 100 ranas que están libres del hongo, lo que refleja su alta especificidad. Pero también ha considerado como negativas 45 ranas que, en realidad, estaban infectadas, es decir, ha dado 45 falsos negativos. Si calculamos el *valor predictivo* negativo obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{Valor predictivo negativo} = 90 / (90 + 45) = 0,67 = 67\%$$

Esto significa que para cada resultado negativo tenemos solo un 67% de probabilidad de que sea correcto. En otras palabras, el 33% de las ranas que incluiríamos en la colonia libre del hongo en realidad estarían infectadas, por lo que el proyecto fracasaría. Sin embargo, en la misma situación el *valor predictivo* positivo sería muy bueno:

$$\text{Valor predictivo positivo} = 855 / (855 + 5) = 0,99 = 99\%$$

Este ejemplo demuestra que en una situación de alta *prevalencia* no se puede confiar en un resultado negativo y se precisa un plan de *cuarentena* y de repetición de las pruebas, pero que, en general, sí se puede confiar en un resultado positivo.

Precaución

La interpretación de resultados es un tema complejo, influido por muchas más variables que las aquí presentadas, como el momento de la infección, la presencia de enfermedades concurrentes, la capacidad de respuesta inmunitaria del individuo, la experiencia de quienes realizan la prueba, los requisitos relativos a la manipulación de las muestras o los valores umbral que se emplean para determinar si un resultado es positivo o negativo. Al utilizar pruebas e interpretar los resultados con fines de vigilancia, siempre es recomendable consultar a expertos en el tema.

Cálculo del tamaño de la muestra en los estudios de agentes patógenos

Cuando se llevan a cabo análisis para la detección de *agentes patógenos* en una población reducida (de 100 individuos o menos), analizar el 100% de los animales es la opción ideal, puesto que así se logra la mayor sensibilidad de detección del *agente patógeno* a nivel de la población, y con las pruebas de confirmación adecuadas se pueden tomar decisiones a nivel individual.

Sin embargo, cuando la población es grande o los recursos son escasos, será necesario elegir una muestra representativa de la población. En esta situación, es importante elegir un número apropiado de animales para mantener un nivel de riesgo aceptable (o límite de confianza), el cual se determina en el proceso de *valoración del riesgo*. Cuando se analiza solo una muestra de animales y no la totalidad de la población, es importante que las decisiones se tomen a nivel de toda la población. El objetivo es determinar la presencia o ausencia del *agente patógeno* en la población para poder decidir si la población en su conjunto se puede trasladar o no.

De forma alternativa, si en la población se detecta el *agente patógeno*, se puede elaborar y aplicar una estrategia de detección individual para tomar decisiones a nivel de cada individuo.

Para calcular el número adecuado de animales que va a analizarse, es preciso conocer:

- el tamaño total de la población
- la sensibilidad de la prueba
- el nivel mínimo de *prevalencia* que se desea detectar, y
- la probabilidad deseada de detección de la infección si la *prevalencia* real coincide o excede nuestra *prevalencia* mínima.

En la situación más simple posible, se considera que la prueba tiene un 100% de especificidad, lo cual, a pesar de no ser realista, hace más sencillo el cálculo. Los responsables de la toma de decisiones a veces esperan que las pruebas aseguren la ausencia de enfermedad (p. ej., una probabilidad del 100% en la detección del *agente patógeno* en caso de que se encuentre presente), pero en el proceso de *comunicación acerca del riesgo* es importante dejar claro que es un objetivo inalcanzable. Para conseguirlo se debería analizar el 100% de la población empleando una prueba con una especificidad y una sensibilidad perfectas e inquebrantables.

En la más situación sencilla, se considera que todos los animales infectados están distribuidos en la población de forma aleatoria, de tal manera que elegir de manera aleatoria a los individuos que se van a analizar será el método que con mayor probabilidad permitirá detectarlos. La selección puramente aleatoria precisa de un generador de números aleatorios o de una tabla de números aleatorios (como la tabla de números aleatorios, pág. 432, en Thrusfield 2007). En ocasiones, solo será posible una aproximación a dicha selección puramente aleatoria, pero es importante evitar el sesgo en el proceso de selección.

También es importante asegurarse de que esta supuesta distribución aleatoria es válida para el agente etiológico y la población en cuestión. En algunas situaciones, los agentes etiológicos pueden estar espacialmente segregados en la población (creando grupos de animales infectados) o estratificados por grupos de edad. Si resulta probable violar la hipótesis de la distribución aleatoria de los animales infectados, es recomendable consultar a un epidemiólogo u otro especialista en el diseño de estudios sobre *agentes patógenos*, puesto que los cálculos pueden complicarse bastante.

Ejemplo de situación

Se ha planeado la translocación de 200 ranas silvestres para repoblar un área donde se encuentran extintas. El análisis del riesgo de enfermedad ha determinado que está justificado realizar pruebas de detección del hongo quítrido (*B. dendrobatidis*) y que nuestro nivel de tolerancia de riesgo requiere un 95% de confianza en que la prueba va a ser capaz de detectar el agente incluso aunque la *prevalencia* sea de apenas un 5%. Nuestra prueba tiene una sensibilidad del 95%, suponemos un 100% de especificidad y, gracias a un estudio anterior de la población, sabemos que el agente, en caso de encontrarse presente, se encontrará distribuido de forma aleatoria en la población. Si introducimos estos números en el sistema de cálculo del tamaño de la muestra, en la sección «Epitools» de la web ausvet.com.au (<http://epitools.ausvet.com.au/content.php?page=FreedomFinitePop>), comprobamos que tenemos que analizar 55 de los 200 animales si queremos tener un nivel de confianza del 95% de detección del agente para *prevalencias* reales del 5% o superiores. Si tenemos una tolerancia del riesgo muy inferior y necesitamos un 99% de confianza en la detección del agente incluso cuando la *prevalencia* es del 2%, nuestro tamaño de muestra debe subir a 144, lo que nos muestra que el tamaño de la muestra crece notablemente a medida que la tolerancia de riesgo disminuye.

Si no se puede acceder a la calculadora en línea, se puede emplear la siguiente fórmula:

$$n = [1 - (1 - p)^{1/d}] [N - d/2] + 1$$

donde n es el tamaño de muestra necesario, p es la probabilidad de encontrar al menos un individuo infectado en la muestra, N es el tamaño de la población y d es el número mínimo de animales infectados esperable en la población (derivado de la *prevalencia* mínima que queremos detectar).

Así pues, en el ejemplo anterior, donde la *prevalencia* mínima es del 5%, esperaríamos que al menos 10 de los 200 animales estuvieran infectados. Hemos fijado nuestra probabilidad deseada de detectar al menos un animal infectado en un 95% (o 0,95), por lo que los cálculos serán los siguientes:

$$n = [1 - (1 - 0,95)^{1/10}] [200 - 10/2] + 1$$

$$n = [1 - 0,74] [195] + 1$$

$$n = 52$$

Este valor se aproxima mucho al tamaño de muestra que se obtiene con la calculadora en línea.

Fortalezas y debilidades. Cuándo utilizar los resultados y cómo interpretarlos

La realización de pruebas de detección de enfermedades en poblaciones en las que la *prevalencia* es baja, que por otro lado es la situación más común, es un proceso complejo. La elección de la prueba, el diseño de protocolos y la interpretación de los resultados de las pruebas deben realizarse con mucha precaución. La recomendación es consultar con expertos siempre que sea posible.

Referencias

Thrusfield (2007).

Véase también: <http://epitools.ausvet.com.au/content.php?page=home>

Apéndice 4 Simulación de Monte Carlo para la evaluación del riesgo

N. Murray

1. El uso de la simulación por el método de Monte Carlo en una evaluación del riesgo

Aunque una *evaluación del riesgo* cualitativa es apropiada en la mayoría de situaciones (Murray *et al.*, 2004), en algunos casos puede ser necesario adoptar una estrategia cuantitativa para obtener datos más detallados, identificar puntos críticos, valorar el impacto de la *incertidumbre* en más profundidad o comparar las estrategias de mitigación del riesgo. La cuantificación implica elaborar un *modelo* matemático que una los distintos pasos de la vía de riesgo. En su forma más simple, se aplica una estrategia de estimación determinística o puntual mediante la cual cada uno de los datos entrados, tales como la *prevalencia* de la enfermedad y la sensibilidad o la especificidad de la prueba se representan mediante un valor único, que puede ser la «mejor estimación», el «valor menos probable» o el «peor caso posible». Estos valores, a su vez, se pueden consultar en una tabla estadística, en la que la «mejor estimación» es el valor promedio o esperado, y el «menos probable» y el «peor caso posible» se asocian a los límites de confianza inferior y superior.

En el caso de modelos muy simples con pocos datos, un enfoque determinístico puede ser razonable debido al escaso número de posibles situaciones. Sin embargo, a medida que se añadan datos se producirá un rápido aumento en el número de combinaciones posibles o de situaciones. Por ejemplo, si tuviéramos tan sólo 4 datos, cada uno con una media y con un intervalo de confianza del 95%, tendríamos 34 u 81 posibles situaciones. Es evidente que tal enfoque tiene desventajas importantes y que puede resultar imposible interpretar los resultados correctamente si no hay una ponderación relativa para cada combinación de valores. Por suerte, se pueden superar tales limitaciones llevando a cabo lo que comúnmente se conoce como simulación por el método de Monte Carlo.

Si se conoce el intervalo de valores y la probabilidad de cada valor, se puede asignar una distribución de probabilidad a cada uno de los datos entrados. Estos valores pueden considerarse variables aleatorias, ya que pueden tomar cualquier valor como resultado de un proceso aleatorio. El *modelo* resultante se denomina *modelo* estocástico y permite calcular los impactos combinados de la variación en cada una de las distribuciones de los datos del *modelo* para determinar una distribución

de probabilidad de los resultados posibles. La forma más simple de llevarlo a cabo es realizar una simulación usando un programa informático como @Risk (Palisade Corporation, Newfield, Nueva York – véase la herramienta 14, pág. 83). Esta tarea implica el muestreo aleatorio de valores de cada distribución y la combinación de los valores generados de acuerdo con la lógica matemática del *modelo* para producir un resultado en una situación determinada. Este proceso se repite muchas veces y los resultados de cada situación, que se denominan iteraciones, ensayos o realizaciones, se combinan para producir una distribución de probabilidad de los posibles resultados del modelo.

El muestreo de valores a partir de las distribuciones de probabilidad se suele llevar a cabo por medio de la simulación por el método Monte Carlo, una técnica que usaron por primera vez los científicos que trabajaron en la fabricación de la bomba atómica. Recibió esta denominación cuando la ciudad de Monte Carlo, Mónaco, se hizo famosa por sus casinos. El método de Monte Carlo se basa en un muestreo aleatorio simple de la distribución, que es el marco de muestreo para cada iteración. Básicamente es un muestreo con reposición, porque es posible seleccionar los mismos valores más de una vez.

El muestreo por hipercubo latino es otra posibilidad, que consiste en un muestreo estratificado sin reposición. El rango de distribución está dividido en un número de intervalos igual al número de iteraciones a realizar y se escoge una única muestra aleatoria de dicho intervalo. Dado que en una simulación cada intervalo se selecciona sólo una vez, el muestreo por hipercubo latino asegura que los valores de todo el rango de distribución se muestreen proporcionalmente a la densidad probabilística de la distribución. Se suelen requerir menos muestras para reproducir la distribución de probabilidad, de tal forma que, para el mismo número de iteraciones, este muestreo es más eficiente que el modelo del método de Monte Carlo. Generalmente, el método de muestreo por hipercubo latino es el preferido para la simulación numérica, ya que para un determinado nivel de precisión se requieren menos iteraciones.

Aunque el muestreo por hipercubo latino es el método de muestreo de algunos programas, como @Risk, el proceso estocástico general se denomina simulación por el método de Monte Carlo. Esta es una técnica de simulación extremadamente útil en *evaluaciones del riesgo cuantitativas*.

2. Cómo diferenciar entre variabilidad e incertidumbre

Antes de pasar a ver algunos ejemplos de los tipos de distribución que se usan para simular procesos biológicos, es importante distinguir entre *incertidumbre* y *variabilidad* porque estos términos pueden dar lugar a confusiones.

La *incertidumbre* refleja una falta de comprensión o aptitud en cuanto al conocimiento o a los datos sobre un tema en particular. La *variabilidad*, por otro lado, refleja la heterogeneidad o variación que existe de manera natural dentro de un sistema biológico, sin importar si el sistema se conoce o no. Por lo tanto, mientras que la *incertidumbre* se reduce cuando el conocimiento aumenta, la *variabilidad* permanece constante. En la mayoría de situaciones es posible que los diferentes grados de *incertidumbre* que existen en varios puntos de la entrada de los canales de riesgo preocupen más que la *variabilidad* en sí. Surge entonces la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede determinar el impacto de estas incertidumbres en el riesgo estimado final? Por fortuna, el *análisis del riesgo* provee una técnica que permite que se tenga en cuenta la *incertidumbre* inevitable. Por ejemplo, puede suceder que si existe una *incertidumbre* considerable en un punto de la vía del riesgo, la contribución de dicha vía al riesgo final estimado no sea relevante. En tales circunstancias, es importante no enfatizar demasiado la incertidumbre que existe sino ofrecer una perspectiva apropiada.

3. Cómo definir una distribución

Existen dos tipos de distribuciones, la discreta y la continua, las cuales se definen según las características de sus respectivas variables aleatorias. Las variables discretas solo pueden tomar un número limitado de valores, mientras que las variables continuas pueden tomar cualquier valor de un rango determinado. A continuación, las distribuciones pueden clasificarse como paramétricas o no paramétricas. Estadísticamente, un parámetro es la medida numérica descriptiva que caracteriza una población, como por ejemplo, la media, la desviación estándar, los valores máximos y mínimos o los más probables. En lo que a distribuciones se refiere, los parámetros son valores que definen su forma y rango, ya sea en combinación con una función matemática, en el caso de la distribución paramétrica, o directamente, en el caso de la distribución no paramétrica. Algunos ejemplos de distribuciones paramétricas son las distribuciones normal, binomial, de Poisson y beta, y de distribuciones no paramétricas, la uniforme, la triangular, la discreta y las generales.

4. Normas generales para desarrollar un modelo de simulación

Antes de pasar a ver algunos ejemplos de distribuciones que se utilizan para simular los procesos biológicos de una *evaluación del riesgo cuantitativa*, es importante hacer énfasis en los pasos a seguir de manera sistemática cuando se elaboran *modelos* de simulación. Estos pasos son los siguientes:

- asegurarse de que el alcance de la evaluación se determina correctamente a partir de la identificación de la población de interés, estableciendo de manera clara y explícita la pregunta que debe responderse
- proporcionar un perfil gráfico de las vías biológicas que se tienen en cuenta en el *modelo* para identificar las variables, sus relaciones y la información necesaria, y asegurarse de que tiene lugar una cadena lógica de sucesos en el espacio y en el tiempo que conducen al cálculo de una estimado apropiado
- preservar la simplicidad del *modelo* para que represente de la forma más exacta posible el sistema en cuestión
- documentar los supuestos, evidencias, datos e incertidumbres relativos a cada variable de tal manera que se escojan las distribuciones ideales
- verificar que cada iteración del *modelo* es biológicamente plausible y que no se ignoran los resultados contradictorios o inesperados.

Para más información sobre la elaboración de estos modelos y sobre otras muchas directrices, consúltese Murray *et al.* (2004).

5. Algunos ejemplos de distribuciones que se utilizan para el modelado de procesos biológicos

Como explicaron Murray *et al.* (2004), existen básicamente dos fuentes de información a partir de las cuales se puede desarrollar una distribución para representar una variable en un *modelo* de *evaluación del riesgo*: los datos empíricos y la opinión de expertos. Aunque el analista puede escoger de entre una gran variedad de distribuciones de probabilidad, es importante proceder con cautela porque, a no ser que se hayan tenido en cuenta las bases teóricas y los supuestos en los que estas se fundamentan, sobre todo en el caso de las distribuciones paramétricas, una mala elección de la distribución puede comportar errores importantes en

la evaluación del riesgo. Es importante asegurarse de que la distribución escogida es biológicamente plausible y que no se ha elegido arbitrariamente o porque encaje mejor con los datos. Aunque este aspecto quede fuera del objetivo de este libro, es cierto que existen varias técnicas para elaborar una distribución adecuada, como el ajuste de datos empíricos a una distribución, ya se utilicen técnicas paramétricas o no paramétricas, un enfoque puramente subjetivo basado en la opinión de expertos, o un enfoque combinado que incorpore datos empíricos y la opinión de expertos a partir de una inferencia bayesiana. Para más información, pueden consultarse otros textos, como los de Murray *et al.* (2004) o Vose (2008).

En lugar de ofrecer una mera lista de las diferentes distribuciones y sus características, los siguientes apartados se centran en la cantidad y tipo de información disponible y las distribuciones que resultan más relevantes según las circunstancias. En este texto, las distribuciones de probabilidad, como la binomial, la beta o la uniforme, se describen en términos de funciones usando programas informáticos para la *evaluación del riesgo* como @Risk.

5.1 Distribuciones que se utilizan para modelar la opinión de expertos o para convertir un conjunto de datos en una distribución

Las distribuciones no paramétricas proveen una forma apropiada de modelar la opinión de los expertos o de convertir un conjunto de datos en una distribución empírica porque sus parámetros son intuitivos y fáciles de usar. Dependiendo de las circunstancias, tal distribución puede ser continua o discreta.

5.1.1 Mínimos y máximos

En las situaciones más básicas, es posible que simplemente se disponga de un rango de valores sin que ninguno de ellos sea destacable. En tales casos, sería apropiada una distribución uniforme definida por dos parámetros, un valor mínimo y un valor máximo, porque todos los valores del rango tienen la misma probabilidad:

Uniforme (mínimo, máximo)

Esta distribución, que se considera continua simple, normalmente se utiliza para modelar la opinión de expertos, así como en las situaciones en las que solo se dispone de datos para definir un rango. Esto tiene una gran variedad de aplicaciones, como determinar la distribución de la *prevalencia* de una enfermedad,

la sensibilidad y especificidad de una prueba, el *periodo de incubación*, la duración de la viremia, etc. En la Figura 31 se muestra un ejemplo de una distribución uniforme, también conocida como distribución rectangular. Aunque es la distribución más uniforme de todas, también se puede usar en algunas circunstancias específicas.

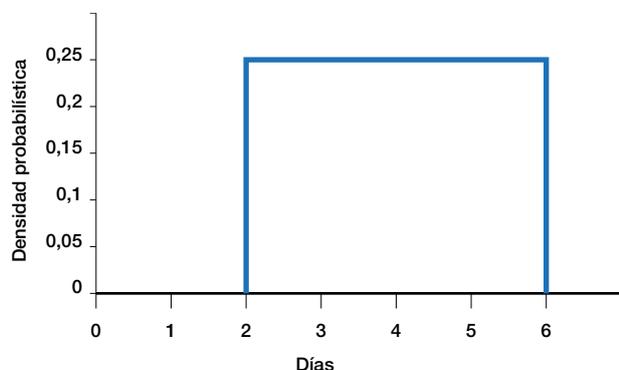


Fig. 31
Distribución uniforme de la duración de la viremia cuando el intervalo estimado es de 2–6 días

5.1.2 Valor mínimo, valor más probable y valor máximo

Se puede definir simplemente un rango de posibles valores, pero en ocasiones se dispone de datos u opiniones que también permiten estimar el valor más probable de dicho rango. Las distribuciones más apropiadas para tal fin son la distribución triangular o la de PERT, ambas continuas:

PERT (mínimo, más probable, máximo)
Triangular (mínimo, más probable, máximo)

La distribución de PERT es una modificación de la distribución beta, que es un tipo específico de distribución paramétrica. Proporciona una forma más natural que la de la distribución triangular correspondiente (Fig. 32) y no está influida por los valores extremos mínimos y máximos, en especial cuando la distribución está sesgada. El principal inconveniente de la distribución triangular es que tiene una forma muy poco natural, la cual rara vez provee una descripción razonable de un proceso biológico. Como puede verse en la Figura 32, en comparación con la distribución de PERT, tiende a enfatizar en exceso las colas y a subestimar las curvas correspondientes. Tanto la distribución de PERT como la triangular se han aplicado mucho a diferentes procesos biológicos.

La distribución de PERT puede modularse fácilmente aplicando un factor de ponderación a la media de la distribución, lo cual permite generar distintas formas para los mismos valores mínimo, máximo y más probable. Esto puede ser muy útil cuando se trata de afinar la forma de la distribución a partir

de la opinión de expertos, como se muestra en la Figura 33. En este ejemplo, adaptado del *análisis del riesgo* de una importación de carne pollo que llevó a cabo el Ministerio de Agricultura de Nueva Zelanda, se muestra la edad a la cual es probable que los pollos contraigan una infección por el virus de la enfermedad de Gumboro o bursitis infecciosa antes de ser sacrificados a los 49 días de edad. Al comienzo, había un nivel muy alto de *incertidumbre*, así que se utilizó una distribución uniforme (1, 49). Más adelante, se obtuvieron datos que establecían que lo más probable era que los pollos se infectaran alrededor de la tercera semana de edad. Esto se modeló como distribución de PERT (1, 21, 49). Después de algunas consultas, se estimó que «la mayoría de los pollos se infectaban entre los 14 y los 28 días de edad». Así, se interpretó que era probable que el 90% de los pollos se infectaran durante este periodo. Para modelar esta nueva información se utilizó una distribución de PERT modificada con el factor de ponderación correspondiente. Se utilizaron las mismas estimaciones de valores máximo, mínimo y más probable que en la distribución de PERT inicial. Para más información sobre esta técnica, consúltese Murray *et al.* (2004) y Vose (2008).

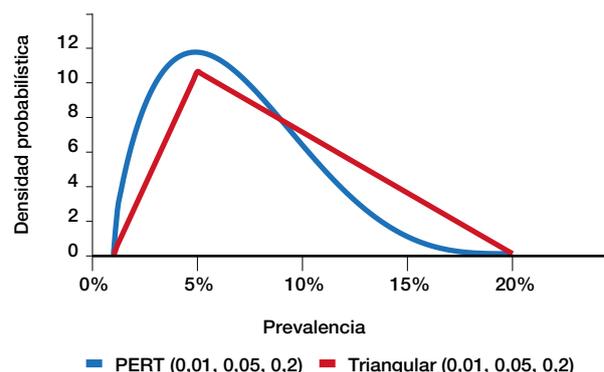


Fig. 32
Comparación entre una distribución de PERT y una distribución triangular

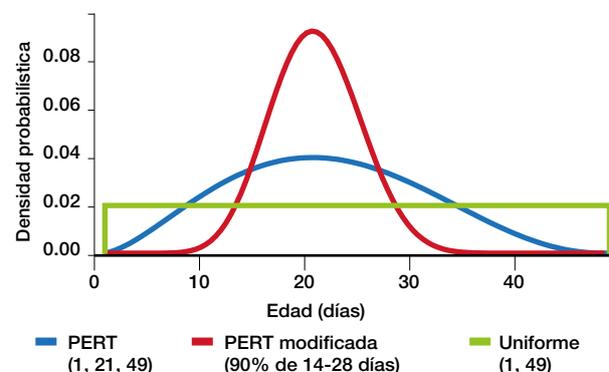


Fig. 33
Comparación entre una distribución uniforme, una distribución de PERT y una distribución de PERT modificada de la edad a la cual un pollo puede contraer la infección por el virus de la bursitis infecciosa antes del sacrificio a los 49 días de edad De Murray *et al.* (2004)

5.1.3 Mínimo y máximo con un número específico de clases de longitud equivalentes, cada uno con una probabilidad p_i

La distribución en histograma puede usarse para modelar un conjunto de datos continuos agrupados en clases que no se solapan, son equivalentes en cuanto a longitud y están unidas por un intervalo de clase con un valor máximo y un valor mínimo dentro del cual cada clase tiene una cierta probabilidad p_i de producirse. Es útil para replicar la forma de un conjunto de datos, como se muestra en la Figura 34.

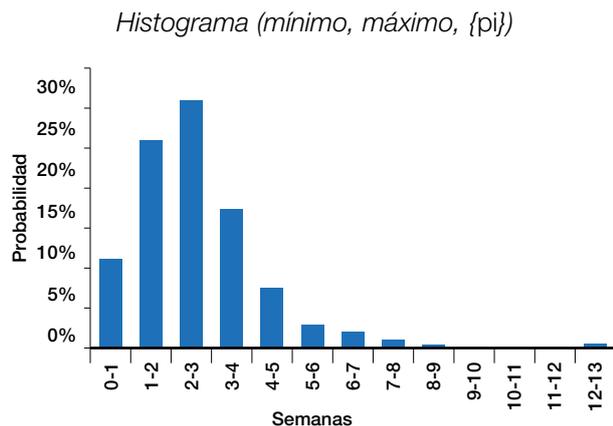


Fig. 34
Histograma de la distribución de probabilidad de la duración de la viremia en ganado bovino infectado de forma natural por el virus de la lengua azul
De Murray *et al.* (2004)

5.1.4 Datos agrupados en pares específicos (x_i , p_i)

En varias situaciones puede ser conveniente agrupar los datos en pares específicos (x_i , p_i), cada uno con un valor x y una ponderación p que especifique la probabilidad relativa de ese valor. Estos datos pueden ser discretos o continuos.

Existen dos tipos de distribuciones para modelar datos discretos: la discreta y la discreta uniforme (duniforme):

$$\begin{aligned} &Discreta (\{x_i\}, \{p_i\}) \\ &Duniforme (\{x_i\}). \end{aligned}$$

La distribución discreta uniforme es una forma especial de distribución discreta que puede tener uno de varios valores discretos (x_i), todos con una probabilidad equivalente.

Estas distribuciones se pueden utilizar para definir una distribución empírica directamente a partir de un conjunto de datos organizados en parejas (x_i , p_i), especialmente cuando hay una cantidad abundante de datos representativos. La distribución discreta también puede utilizarse para modelar una distribución posterior en un cálculo inferencial bayesiano. Por otro lado, la distribución discreta uniforme puede emplearse en una simulación bootstrap no paramétrica para determinar una distribución muestral para un parámetro incierto cuando hay pocos datos representativos y para volver a muestrear a partir de los datos originales. Para más información sobre inferencia bayesiana y simulación bootstrap, consúltense Murray *et al.* (2004) y Vose (2008).

Una aplicación importante de estas distribuciones discretas es el modelado de la opinión de expertos cuando hay puntos de vista divergentes, en cuyo caso cada una de las opiniones de los expertos es capturada por el valor x_i con una ponderación correspondiente p_i . En las situaciones en las que todas las opiniones se consideran igual de válidas, la distribución discreta uniforme es la apropiada.

En el caso de datos continuos, se cuenta con las distribuciones generales y las distribuciones acumulativas. El rango de cada distribución se define por un valor máximo y un valor mínimo.

$$\begin{aligned} &General (mínimo, máximo, \{x_i\}, \{p_i\}) \\ &General (mínimo, máximo, \{x_i\}, \{p_i\}). \end{aligned}$$

Las distribuciones se pueden usar para convertir un conjunto de datos en una distribución empírica cuando los datos son continuos y abarcan un rango razonable. En el caso de las distribuciones acumulativas, los valores de probabilidad (p_i) son las probabilidades acumulativas ascendentes correspondientes (Fig. 35). Aunque ambas distribuciones pueden usarse para modelar la opinión de los expertos, se debe ser especialmente cuidadoso cuando se usa la distribución acumulativa, ya que pequeños cambios pueden llevar a distorsiones significativas en sus frecuencias relativas. La distribución general puede utilizarse para modelar una distribución posterior en un cálculo inferencial bayesiano donde los parámetros que se estiman son continuos.

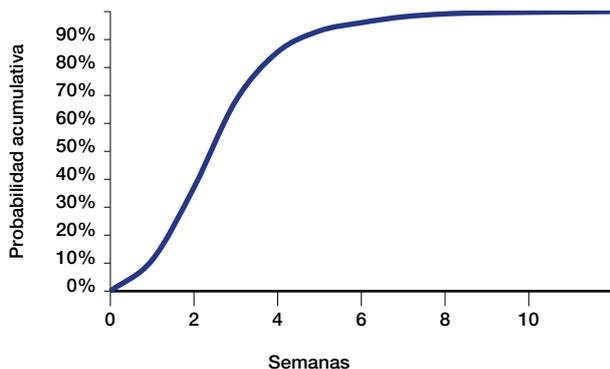


Fig. 35
Distribución de la probabilidad acumulativa de la duración de la viremia en ganado bovino infectado de forma natural por el virus de la lengua azul

De Murray *et al.* (2004)

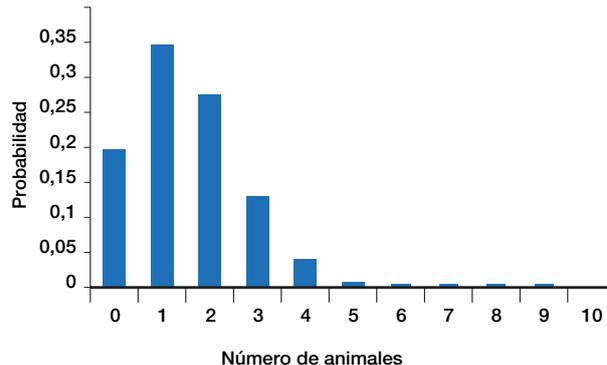


Fig. 36
Distribución binomial de la variación en el número de animales infectados (x) que puede haber en una muestra ($n=10$) extraída de una población con determinada prevalencia de enfermedad ($p = 0,15$)

De Murray *et al.* (2004)

5.2 Distribuciones que se utilizan para modelar una respuesta binaria

En muchas *evaluaciones del riesgo*, el resultado que se busca es una respuesta binaria. Es decir, que existen solo dos posibles resultados. Por ejemplo: un animal está infectado o no lo está, y cuando se analiza, da positivo o da negativo; un brote de enfermedad tiene lugar o no lo tiene. Este tipo de respuestas binarias pueden modelarse, según el caso, como proceso binomial siempre que se puedan satisfacer razonablemente los supuestos establecidos.

Un proceso binomial consiste en n ensayos idénticos, cada cual con la misma probabilidad de producirse (p). La variación en el número de sucesos (x) se modela a partir de la distribución binomial:

$$x = \text{Binomial}(n, p).$$

Dado que la probabilidad de éxito se mantiene constante, un proceso binomial es el muestreo efectivo a partir de una población infinita con reposición. Aunque, lógicamente, en la práctica este no sería el caso, si por ejemplo se extrae una muestra de animales de una población determinada que presente una cierta enfermedad, siempre que el tamaño de la población sea grande respecto al tamaño de la muestra, será razonable suponer que la probabilidad de muestrear un animal infectado permanecerá constante. Por norma general, si el tamaño de la población es al menos diez veces superior al de la muestra, este supuesto se considera válido. En las situaciones en las que no sea razonable suponer que la probabilidad permanece inalterada, es aplicable un proceso hipergeométrico, que se explica más adelante. En la Figura 36 se muestra un ejemplo de distribución binomial para modelar el número de animales infectados (x) en una muestra (n) extraída de una población con determinada *prevalencia* (p) de enfermedad.

En algunas situaciones podemos estar interesados en estimar el número de animales que se debería seleccionar antes de incluir en la muestra determinada cantidad (de animales) que tengan la característica de interés, como por ejemplo, animales enfermos, gestantes, etc. Ya que en los *modelos* de distribución binomial negativa es probable que se conozca antes el número de fracasos que el de éxitos (x), la variación en el número de animales que deben muestrearse (n) para obtener x éxitos se determina según la siguiente fórmula:

$$n = \text{Negbin}(x, p) = \text{fracasos}.$$

Si interesa estimar el número (n) que se necesitaría muestrear para incluir (x) éxitos en la muestra, entonces:

$$n = x + \text{Negbin}(x, p) = \text{éxitos} + \text{fracasos}.$$

Por ejemplo, al planear un estudio y estimar sus costos, resultaría interesante determinar la variación en la cantidad de animales de una población infectada que debería analizarse para lograr detectar un animal infectado; ese sería el número de fracasos. En la Figura 37 se muestra un ejemplo de la variación en el número de animales no infectados que es probable que tenga que muestrearse para lograr incluir un animal infectado en la muestra.

Según la definición empírica de probabilidad, el número de sucesos de interés (x) que tienen lugar en un número idéntico y repetible de ensayos (n) se expresa como el cociente (fracción o proporción) del número total de sucesos que han ocurrido. Así, la probabilidad es una propiedad medible del mundo físico y en realidad nunca puede observarse.

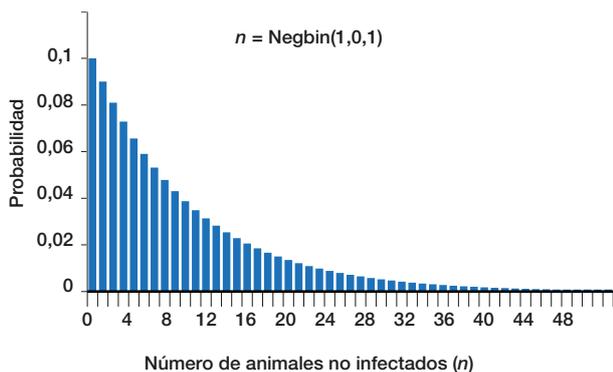


Fig. 37
Distribución binomial negativa del número probable de animales no infectados que se extraerán de una población con una prevalencia de enfermedad del 10% antes de lograr extraer un animal infectado

Cuando n se aproxima al infinito, este es el límite del cociente:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{x}{n}$$

En otras palabras, se puede aumentar parte de este verdadero valor a medida que se realizan más ensayos. Por lo tanto, el nivel de confianza obtenido sería una estimación de la probabilidad (p) después de haber observado x éxitos en n ensayos dentro de una distribución beta, la cual provee una manera cómoda de modelar la *incertidumbre* respecto a p :

$$p = \text{Beta}(x + 1, n - x + 1).$$

Esta fórmula de la distribución beta es, de hecho, la distribución posterior que se obtiene al emplear la distribución beta como un conjugado no informativo antes de una función de probabilidad nominal en una inferencia bayesiana (para más información, consúltese Murray *et al.* 2004 y Vose 2008).

En la Figura 38, se muestra un ejemplo de una distribución beta para modelar la sensibilidad de la prueba. En este ejemplo, si nueve de cada diez animales infectados por una determinada enfermedad dieran positivo en una prueba serológica, se estimaría que la sensibilidad de la prueba es del 90%, lo cual es la probabilidad de que la prueba dé un resultado positivo estando el animal infectado. Sin embargo, ¿qué grado de confianza se puede tener en esta estimación, especialmente teniendo en cuenta que en el ensayo sólo hay diez animales? Al agregar los valores a la función para la distribución beta $p = \text{Beta}(x + 1, n - x + 1) = \text{Beta}(9 + 1, 1 - 9 + 1)$ y trazar los resultados se puede valorar el impacto de la incertidumbre. Cuantos más animales se examinen, más aumentará la confianza en que la sensibilidad estimada de la prueba sea «verdadera». Al final, el hecho de obtener información a un nivel razonable de confianza siempre compensa los costos y esfuerzos invertidos en obtener información adicional.

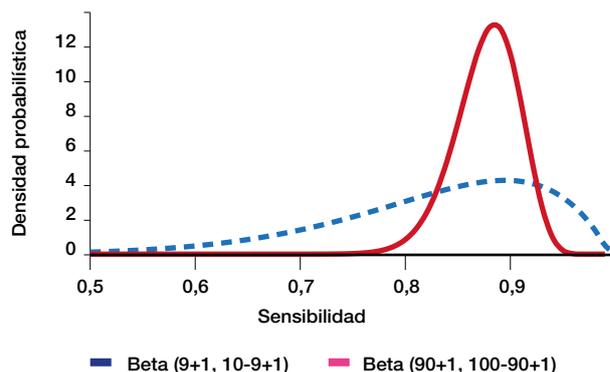


Fig. 38
Empleo de la función de distribución beta para modelar un parámetro incierto p , de una distribución binomial. En este caso, p es la sensibilidad de la prueba

5.3 Muestro de poblaciones finitas: el proceso hipergeométrico

Como se ha explicado anteriormente, dado que en un proceso binomial la probabilidad permanece constante y los resultados de ensayos sucesivos son independientes entre sí, la distribución binomial es efectiva para modelar muestreos con reposición de una población muy grande (infinita). Sin embargo, en la mayoría de situaciones prácticas, cuando se modelan procesos biológicos, el muestreo de poblaciones finitas se lleva a cabo sin reposición. Por ejemplo, en un grupo de 100 animales ($M=100$) donde hay cinco con el rasgo de interés ($D=5$), la probabilidad inicial de que un animal tenga el rasgo sería de 0,05. Si el primer animal seleccionado posee el rasgo, entonces la probabilidad de que el próximo animal seleccionado también posea ese rasgo sería de $4/99 = 0,04$, mientras que si no lo posee, la probabilidad sería de $5/99 = 0,051$. Como consecuencia, la probabilidad, calculada a partir de D/M , cambia según si los animales previos poseen tal rasgo o no. Es decir, la probabilidad de éxito deja de ser independiente del resultado del ensayo anterior.

Cuando el tamaño de la población es al menos diez veces superior al tamaño de la muestra, la probabilidad de éxito permanece más o menos constante. Sin embargo, a medida que disminuye el cociente del tamaño de la población respecto al tamaño de la muestra, se requiere tener muy en cuenta las fluctuaciones de la probabilidad mediante la aplicación de un proceso hipergeométrico. La distribución hipergeométrica correspondiente *modela* el número de éxitos (x) de una muestra de tamaño n extraída de una población de tamaño M , donde hay D individuos con el rasgo de interés:

$$x = \text{Hypergeo}(n, D, M).$$

Ya que la probabilidad de éxito cambia cada vez que se selecciona y extrae un individuo de la población, la distribución hipergeométrica modela un muestreo sin reposición. Como se observa en la Figura 39, a partir del momento en que el cociente del tamaño de la población respecto al tamaño de la muestra ($M:n$) cae por debajo de 10, empiezan a surgir diferencias importantes entre los resultados que se obtienen de una distribución binomial y los que se obtienen de una hipergeométrica.

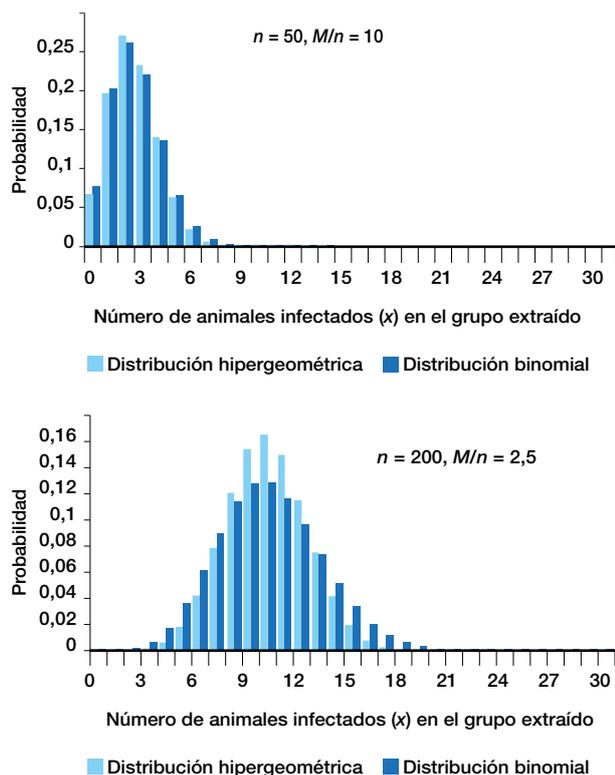


Fig. 39
Comparación entre la distribución hipergeométrica y la binomial

Respecto al número de animales infectados (x) en un grupo (n) extraído de una población ($M = 500$) con cierto número de animales infectados ($D = 25$). En la distribución hipergeométrica, $x = \text{Hypergeo}(n, D, M)$, mientras que en la distribución binomial la prevalencia se calcula como D/M y $x = \text{Binomial}(n, D/M)$.

5.4 Distribuciones que se utilizan para modelar variables de distribución normal o log-normal

Muchos parámetros naturales que constituyen variables, como el peso, la altura, los títulos víricos de los tejidos, las características fisiológicas, el pH de los tejidos o líquidos corporales o la producción de leche o huevos siguen una distribución normal. Otras variables siguen una distribución normal solo si se someten a algún tipo de transformación, como por ejemplo, la logaritmicación de los datos sobre el período de incubación de una enfermedad.

La distribución normal tiene una gran variedad de aplicaciones, desde teorías estadísticas, cuando se utiliza en inferencia estadística y análisis de hipótesis, hasta el teorema del límite central. Este teorema establece una relación entre el promedio de cada conjunto de muestras extraídas de una población, sea cual sea la forma de su distribución subyacente, y la distribución normal. Dado que las medias siguen aproximadamente una distribución normal, existen varias aplicaciones útiles, como asegurarse de que se tiene debidamente en cuenta la heterogeneidad de una población (para más información, consúltese Murray *et al.*, 2004 y Vose 2008)

La distribución normal está caracterizada por dos parámetros, la media (μ) y la desviación estándar (σ):

$$\text{Normal}(\mu, \sigma).$$

Es una distribución continua sin límites con forma de campana que se extiende de menos infinito a más infinito. Ya que es ilimitada, para evitar resultados inverosímiles es necesario establecer ciertos límites. Se logra a partir de la función $T_{\text{normal}}(\mu, \sigma, \text{mínimo}, \text{máximo})$ donde el *mínimo* y el *máximo* definen el rango de valores probables.

La distribución log-normal provee una buena representación de los datos que se extiende desde cero y está sesgada positivamente, es decir, que tiene un extremo o cola más largo en el lado derecho, como ocurre con los *períodos de incubación* de una enfermedad y el tamaño de un hato. Además, los resultados de simulaciones informáticas que incluyen la multiplicación de dos o más distribuciones suelen seguir una distribución log-normal.

Esta distribución está caracterizada por dos parámetros, la media (μ) y la desviación estándar (σ):

$$\text{Lognorm}(\mu, \sigma).$$

Se trata de una distribución ilimitada continua que se extiende desde cero hasta más infinito y que se utiliza para modelar una variable (x) cuyo logaritmo natural ($\ln(x)$) sigue una distribución normal. Los parámetros μ y σ son la media real y la desviación estándar reales del logaritmo natural de la distribución. Como alternativa, la distribución del logaritmo se puede especificar a partir de la media y la desviación estándar de la distribución normal del $\ln(x)$.

Ya que la distribución log-normal se extiende desde cero hasta más infinito, puede ser necesario establecer ciertos límites para evitar valores inverosímiles:

$$T_{\text{lognorm}}(\mu, \sigma, \text{mínimo}, \text{máximo}).$$

5.5 Distribuciones que se utilizan para modelar sucesos en el espacio o en el tiempo

Las distribuciones de Poisson, gamma y exponencial pueden usarse para modelar sucesos en el espacio o en el tiempo siempre que se puedan satisfacer los supuestos de un proceso de Poisson de que hay una probabilidad constante y continua de que tenga lugar un suceso en un intervalo determinado (t). Se trata básicamente de un sistema sin memoria, ya que el número de sucesos que ocurren en cualquiera de los intervalos es independiente del que ocurre en cualquiera de los otros intervalos, sin importar si solo se ha observado un suceso recientemente o si se han observado varios con grandes intervalos de espacio o tiempo entre ellos.

El proceso de Poisson se caracteriza por un parámetro lambda (λ), que es el número promedio de sucesos por intervalo (t) de espacio o tiempo. El intervalo t se cuantifica mediante parámetros de espacio (por litro, por kilogramo, por kilómetro, etc.) o de tiempo (por segundo, por hora, por día, por año, etc.). El recíproco de (λ) es el intervalo medio entre sucesos (β), de manera que

$$\lambda = \frac{1}{\beta}$$

5.5.1 Número de sucesos en un intervalo

La distribución de Poisson se usa para modelar la *variabilidad* en el número de sucesos (x) en un intervalo (t):

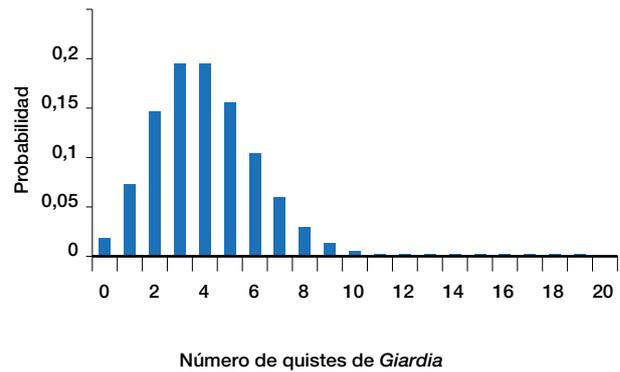
$$x = \text{Poisson}(\lambda \times t), \text{ o en términos de } (\beta),$$

$$x = \text{Poisson}\left(\frac{t}{\beta}\right).$$

Es importante mencionar que en @Risk la función de Poisson se expresa como Poisson (lambda), donde lambda realmente equivale o bien a

$$\lambda \times t \text{ o bien } \frac{t}{\beta}$$

y que no es simplemente λ , a menos que t equivalga a uno. Aunque teóricamente entre cero y un número infinito de sucesos de un intervalo específico puede haber cualquier valor, en la práctica esto casi nunca supone una restricción. Por ejemplo, si de media hay cuatro quistes de *Giardia* por litro de agua de bebida contaminada, la probabilidad de encontrar más de 20 quistes es muy pequeña, como se observa en la Figura 40.



donde $\lambda = 4/\text{litro}$, $t = 1$ litro

Fig. 40 Distribución de probabilidad de Poisson del número de quistes de Giardia por litro de agua



Fig. 41 Distribución de probabilidad de Poisson del número de brotes de enfermedad esperables durante el siguiente intervalo de tiempo t , donde $t = 6$ meses siendo el intervalo medio entre sucesos (β) de 24 meses.

Si se puede suponer que la probabilidad de brote durante cierto periodo de tiempo es constante y continua, se puede estimar el número de brotes esperables durante, por ejemplo, los próximos 6 meses, dado que la información histórica indica que, de media, se produce un brote cada 24 meses. En esta situación, si λ es $1/24$ brotes por mes, el intervalo medio entre sucesos (β) sería de 24 meses. El número de brotes en los próximos seis meses podría modelarse como Poisson ($6/24$), como se representa en la Figura 41. Y por supuesto, dado que los *factores de riesgo* pueden cambiar a lo largo del tiempo variando los niveles de exposición y el resultado de las estrategias de intervención en la inmunidad de la población, etc., podría no ser razonable suponer que sea aplicable un proceso de Poisson.

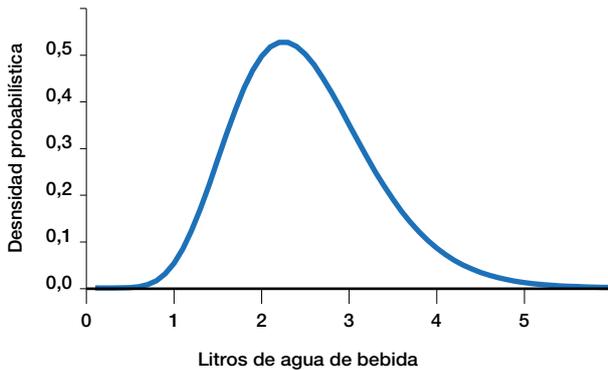
5.5.2 Estimación de la cantidad de espacio o tiempo que pasará hasta que se produzcan los próximos (x) sucesos

La distribución gamma puede utilizarse para modelar la variación en la cantidad de espacio o de tiempo que pasará hasta se hayan producido los próximos sucesos (x):

$$t_x = \text{Gamma}\left(x, \frac{1}{\lambda}\right)$$

o en términos de β , $t_x = \text{Gamma}(x, \beta)$.

Si se ha determinado que una dosis infecciosa de *Giardia* es diez quistes, se puede estimar la cantidad de agua de bebida contaminada con un promedio de cuatro quistes por litro que se debería ingerir para contraer la enfermedad. En la Figura 42 se muestra un gráfico de una distribución del volumen de agua que sería necesario ingerir para exponerse a diez quistes.



$$t_{10} = \text{Gamma}(10, 1/4)$$

Fig. 42
Cantidad de agua de bebida contaminada que debería consumirse para ingerir quistes de *Giardia*

5.5.3 Estimación del número promedio de sucesos por cada intervalo λ

La distribución gamma se puede usar para modelar la *incertidumbre* sobre λ , ya que no se puede asegurar su verdadero valor a menos que las observaciones sean infinitas. Sin embargo, se puede estar cada vez más seguro de que este valor es verdadero obteniendo más datos.

$$\lambda = \text{Gamma}\left(x, \frac{1}{t}\right)$$

Por ejemplo, si se analizara un litro de agua de bebida contaminada y se encontraran cuatro quistes de *Giardia*, se podría estimar que el número promedio es de dos por litro. Pero ¿qué grado de confianza se puede tener en que es una estimación razonable? Se puede usar la distribución gamma para modelar la incertidumbre alrededor de λ , como se muestra en la Figura 43. Si se analizara un volumen más grande de agua y se encontraran 400 quistes en 100 litros, se podría confiar más en que el valor *verdadero* de λ es de 4 quistes por litro (Fig. 43).

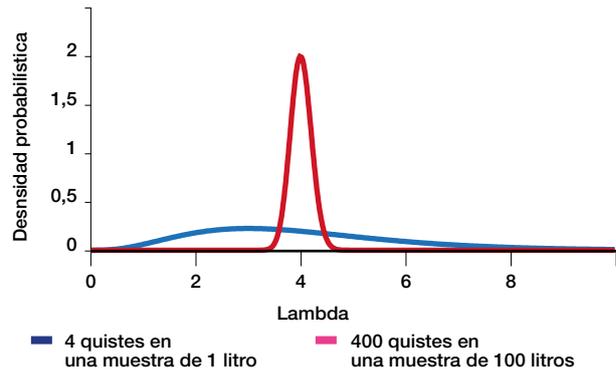


Fig. 43
Estimación del número medio de quistes de *Giardia* por litro de agua contaminada (λ), empleando la distribución gamma:

$$\text{Gamma}\left(x, \frac{1}{t}\right)$$

donde x = número de quistes, t = el espacio (volumen) de observación

Fortalezas y debilidades: ¿cuándo utilizar esta herramienta y cómo interpretarla?

El modelado mediante el método de Monte Carlo es bastante intuitivo, relativamente fácil de implementar y evita el uso directo de fórmulas matemáticas complejas. Provee una técnica potente mediante la cual se pueden incorporar a un *modelo* muchos procesos biológicos, lo cual permite determinar el impacto de las distintas incertidumbres que inevitablemente existirán. Se pueden determinar correctamente los pasos críticos de una vía biológica y se pueden explorar varias estrategias de intervención para conocer su impacto relativo en el resultado. Constituye un útil complemento de una *evaluación cualitativa* para conocer mejor aspectos concretos de la evaluación general.

Aunque el modelado mediante el método de Monte Carlo involucra números, no es necesariamente más *objetivo* ni da resultados más precisos que una evaluación cualitativa. Escogiendo una estructura de *modelo* adecuada, cuyas vías pueden incluir o excluir el nivel de agregación o disgregación, interviene cierto grado de subjetividad al decidir qué valores reales entrar y qué tipos de distribución aplicar a los mismos. Los resultados, que se expresan numéricamente, comportan invariablemente importantes desafíos en cuanto a interpretación y comunicación.

Tanto si se adopta una estrategia cuantitativa como una cualitativa, es importante tener en cuenta que todas las *evaluaciones del riesgo* incluyen un cierto grado de subjetividad, puesto que se parte de las opiniones personales y las percepciones del analista, los expertos y los que toman las decisiones. Así, para garantizar un nivel razonable de objetividad, es importante que todos los datos, supuestos, incertidumbres, métodos y resultados se documenten de manera transparente. Además, las conclusiones deben estar respaldadas por un debate lógico y bien razonado. Como con cualquier *evaluación del riesgo*, debe incluir la bibliografía y someterse a una revisión externa.

Ejemplos

Paisley 2001; Pharo y MacDiarmid 2001.

Referencias

Vose 2000; Murray *et al.* 2004.

Opciones de software

Excel (www.microsoft.com) junto con un programa basado en Excel que permita la simulación, como @Risk (www.palisade.com), Crystal Ball (www.oracle.com) o Model Risk (www.vosesoftware.com). La información sobre precios, licencias y versiones de prueba se encuentra en las respectivas páginas web.

Apéndice 5

Una guía para planificar un taller sobre un ARE

R.M. Jakob-Hoff, T. Grillo, A. Reiss, H. Hodgkin y R. Barraclough

Como se ha explicado anteriormente, muchos ARE en *fauna silvestre* los llevan a cabo una o dos personas que pueden o no consultar a otras con conocimientos o competencias en el tema. No obstante, se ofrece la siguiente información para contribuir a planificar dichos talleres.

Planificación de un taller sobre un ARE en fauna silvestre

Cada vez se organizan más talleres sobre ARE en *fauna silvestre*, cuyos temas atraen mucho el interés del público (y, por lo tanto, el político) y guardan relación con cuestiones polémicas, como la salud pública, cambios en el uso de la tierra o resultados que han afectado a varias partes interesadas. Tanto a convocantes como a participantes les resultará útil conocer la dinámica del grupo para su preparación.

Entender a los componentes de los grupos

La psicología y el comportamiento de los seres humanos quedan fuera del objetivo de este *Manual*. Sin embargo, se requiere conocer lo fundamental de la dinámica de grupos que puede influir en el éxito de un proceso colaborativo para avanzarse, reconocer y responder adecuadamente a comportamientos que reflejen la etapa de desarrollo en la que se encuentra el grupo.

Sinergia

Una alta efectividad lograda por varias personas que trabajan juntas (Chambers Concise Dictionary).

Para que un equipo dedicado a un ARE funcione bien, debe estar formado por pocas personas (8–15) que dispongan de las competencias necesarias. Con el tiempo, un grupo que funcione a su máximo rendimiento puede desarrollar una sinergia que produzca resultados muy superiores a los de una persona por sí sola (véase el Recuadro 7). Para aprovechar todas las ventajas de este tipo de trabajo en equipo, el líder del taller debe establecer una cultura de colaboración en la cual cada miembro se sienta valorado y sea capaz de contribuir al máximo.

Recuadro 7: El modelo de cuatro etapas para el desarrollo del equipo

Todos los grupos de trabajo pasan por diferentes etapas de desarrollo, y es importante y útil que los participantes y los organizadores de los talleres las conozcan. Existen numerosos *modelos*, pero uno de los más frecuentes es el *modelo* de desarrollo de equipos de cuatro etapas de Tuckman (Tuckman 1965). En este *modelo*, los grupos pasan por 4 etapas: 'Formación', 'Debate', 'Establecimiento de normas' y 'Ejecución' (Fig. 44). Tal y como muestran las dobles flechas de esta figura, es posible que un grupo repita cualquier parte del ciclo si se producen cambios importantes.

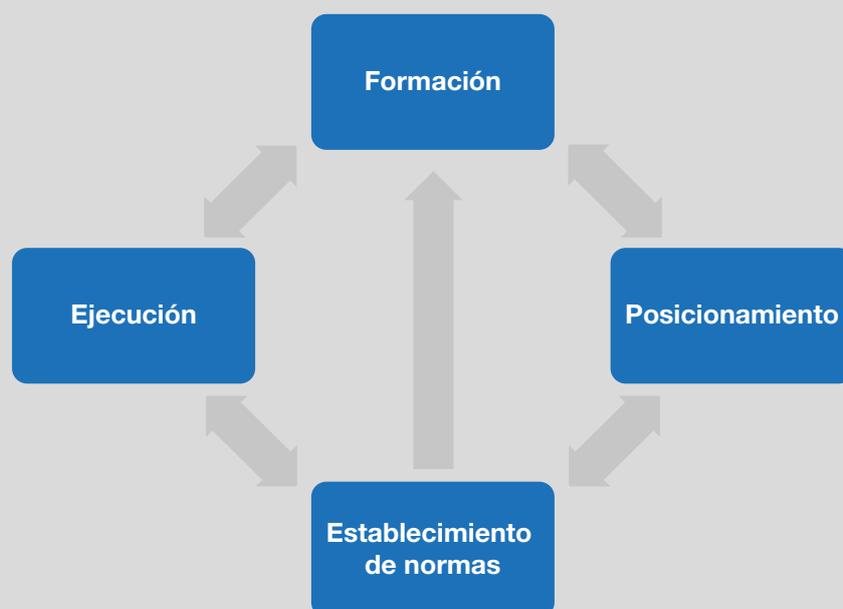


Fig. 44
Etapas de desarrollo del equipo

Estas son las etapas de la planificación de un taller:

Etapa 1 – Formación

Es la etapa de establecimiento del grupo, durante la cual se producen cambios, incluso en la composición del grupo. La orientación y dirección del grupo dependen mucho del líder. Los roles y las responsabilidades individuales todavía no están claros, y los participantes deben conocerlas y también conocerse entre ellos. El líder debe orientar el debate sobre el propósito, los objetivos y las relaciones externas del grupo.

Etapa 2 – Posicionamiento

Durante esta etapa, se ponen a prueba los límites pero no surgen decisiones fácilmente. Los miembros del grupo compiten por una posición a medida que intentan establecerse en relación a otros miembros del grupo y al líder del grupo, a quien en ocasiones retan. El objetivo se va aclarando pero persisten muchas incertidumbres. Pueden formarse camarillas y divisiones y surgen luchas de poder. El equipo debe centrarse en los objetivos para evitar distraerse con aspectos relacionales o emocionales. Pueden ser necesarios ciertos compromisos para avanzar. Para superar esta etapa de forma productiva se precisa liderazgo.

Etapa 3 – Establecimiento de normas

Se aclaran y aceptan los roles y las responsabilidades y se establece la forma de tomar decisiones y el funcionamiento del grupo. Se establecen las normas de comportamiento, tanto formal como informal. Las pequeñas decisiones pueden delegarse a una sola persona o a pequeños equipos del grupo. El compromiso y la unidad son fuertes. Es posible que el grupo lleve a cabo actividades sociales y recreativas. El grupo debate y elabora los procesos y el estilo de trabajo. Se logra un respeto general por las normas del grupo y por el líder, y es posible que el propio grupo tenga cierto liderazgo. Los componentes empiezan a sentirse como un equipo.

Etapa 4 – Ejecución

El grupo sabe claramente qué está haciendo y por qué, lo que se manifiesta a través de una visión compartida y menos gestión práctica del líder del grupo. Se centra en alcanzar los objetivos y desarrolla un alto grado de autonomía. Surgen desacuerdos pero se resuelven dentro del grupo de manera positiva, lo que permite aplicar con facilidad cambios a los procesos y a la estructura. Los miembros del grupo se cuidan entre sí, y la moral y el rendimiento son altos.

Atributos personales de los miembros del grupo

Para que un grupo sea efectivo, debe darse la misma importancia a la actitud de los miembros que a sus habilidades y conocimientos. Teóricamente, los miembros de un taller deben:

- ser capaces de trabajar en equipo y estar dispuestos a ello
- estar dispuestos a escuchar otros puntos de vista
- estar abiertos a nueva información e ideas
- ser capaces de adaptarse a una situación política cambiante
- ser empáticos ante las prácticas y necesidades culturales
- estar dispuestos a compartir libremente competencias e información profesionales dentro del equipo.

Acuerdo de trabajo

Cuando se invita a personas a participar en el taller, es muy importante dejar claro qué atributos son necesarios. Un método para motivar estos comportamientos es sugerir, al comienzo del taller, un acuerdo de trabajo para ayudar al grupo a usar su tiempo de manera eficaz (véase el Recuadro 8). Es importante que todos los participantes comprendan el estilo, que sea discutido y que debatan acerca del contenido, y que el grupo llegue a un consenso sobre los términos correspondientes. Este acuerdo escrito se puede poner a la vista en el lugar de la reunión para que los miembros puedan referirse al mismo siempre que sea necesario. Y por supuesto, es fundamental que el líder del taller aplique estas conductas a modo de ejemplo para los demás.

Recuadro 8: Ejemplo de un acuerdo de trabajo para un taller sobre ARE

- La atención debe centrarse en los objetivos del taller
- Todos los demás temas y previsiones deben ponerse en espera
- Los participantes deben ser respetuosos los unos con los otros en todo momento
- Todo se registra en papel para que el grupo lo pueda consultar
- Todos participan; nadie domina
- Todas las ideas, comentarios y opiniones se comparten abiertamente
- Todas las ideas son válidas
- Es necesario escuchar activamente a los demás sin interrupción
- Las diferencias y problemas se deben reconocer
- Se deben cumplir las franjas de tiempo acordadas
- Se debe aplicar confidencialidad siempre que sea necesario

Constitución y desarrollo de un equipo de colaboración para un ARE

Lo ideal es que el taller lo organice un pequeño grupo principal que se reúna inicialmente para planificarlo, organizar la logística y ayudar con la ejecución, y más adelante, para examinarlo. El grupo planificador debe estar formado por representantes de las partes interesadas y de los encargados de la toma de decisiones. Si esto no es posible, mantener a estas personas informadas e invitarlas a que aporten su opinión para establecer los planes y objetivos del taller generará dividendos.

Reuniones

Las circunstancias particulares de cada ARE determinarán qué medios son los más apropiados y prácticos de reunirse con el equipo de trabajo. Puede resultar muy ventajoso (para desarrollar sinergia, mejorar la comunicación y construir relaciones y compromiso) realizar reuniones en persona. Sin embargo, el tiempo y los recursos que resultan necesarios, así como la preocupación por minimizar la huella ecológica hacen que los grupos utilicen cada vez más Internet y las telecomunicaciones para mantener reuniones virtuales. Aparte de ahorrar tiempo, dinero y emisiones de dióxido de carbono, tienen también la ventaja de reunir a personas que se encuentran a grandes distancias.

Sea cual sea la forma de encuentro, debe llevarse a cabo una importante cantidad de trabajo antes de cada reunión. Los que estén de acuerdo en participar en el equipo lo harán de manera voluntaria o en favor de su organización. Por lo tanto, una adecuada preparación servirá no solo para sacar el máximo provecho a la reunión, sino también para aprovechar el tiempo y las competencias de los participantes en el ARE.

Para que una reunión surta efecto, debe contar con un propósito claro y acordado, un orden del día y una franja horaria, y debe concluir con un plan de acción acordado en el cual la responsabilidad de cada acción tenga una fecha límite clara y esté asignada a una persona concreta. Si se recurre a un facilitador o evaluador, este será el momento de comenzar a trabajar con ellos.

En el Recuadro 9 se muestra una lista de verificación para la preparación de un pre-taller que puede servir de ayuda al preparar un taller sobre ARE. Con la excepción de la preparación y abastecimiento de

lugar, todos los puntos de la lista son relevantes tanto para los talleres en persona como para los virtuales.

Utilidad de los facilitadores

Como se ha explicado anteriormente, una de las utilidades de recurrir a facilitadores hábiles e independientes, especialmente durante las dos primeras etapas del proceso, es su capacidad de centrarse en el proceso y en la dinámica del grupo e intervenir en el momento oportuno. Un buen facilitador fomentará la conciencia de grupo, mediará en los conflictos y devolverá la atención al propósito de la reunión. En ausencia de un facilitador especializado (lo cual se da en la mayoría de situaciones), fomentar desde el principio que el grupo sea consciente de la etapa de desarrollo en la que se encuentra (p. ej., colgando un diagrama como el de la Figura 44 en la pared de la sala de reuniones o en el sitio web del grupo) puede resultar útil para establecer un contexto cuando surjan conflictos.

Constitución de un equipo para un ARE en fauna silvestre

A los efectos de este *Manual*, el término «equipo» hace referencia a cualquier grupo de dos o más individuos que colaboran en un ARE en *fauna silvestre*. Dependiendo de las circunstancias, el equipo puede reunirse en persona de forma periódica, intermitente o incluso no hacerlo absoluto. En muchos casos, solo se realizan debates a distancia por medio de correo electrónico, teléfono, internet, etc.

Como ocurre en cualquier equipo, disponer de la combinación adecuada de profesionales es fundamental para la calidad y el rendimiento. La situación y las preguntas del ARE concretas en las que el equipo está trabajando (consúltese el paso de la formulación del problema) influirán en la variedad y los tipos de competencias necesarias.

Los miembros del equipo del ARE pueden clasificarse en «partes interesadas» y en «expertos», aunque algunos pueden formar parte de ambas categorías. Al constituir el equipo es útil hacer una lista de los grupos de partes interesadas y de expertos (Tabla XI), por orden de prioridad, y determinar con qué personas se contactará para comprobar si están interesadas y si tienen disponibilidad.

Recuadro 9:**Lista de verificación para la preparación del taller**

- Redactar un perfil del proyecto para el ARE que incluya toda la información relevante
- Llevar a cabo una revisión bibliográfica completa sobre el tema e incluir tanta información no publicada como sea posible (el objetivo es brindar a todos los participantes suficiente material de apoyo para que conozcan bien los problemas, la información disponible y los vacíos de información).
- Si se va a contar con los servicios de un facilitador, un evaluador o un profesional de las comunicaciones, contactar con ellos cuanto antes para que aporten lo necesario a la planificación de la reunión y a los planes de comunicación y evaluación.
- Mediante la plantilla de evaluación (Apéndice 6, pág. 128), preparar un borrador del objetivo del ARE y de los objetivos específicos y métodos que se prevén. Estos se revisarán con los participantes y los campos pendientes se rellenarán durante la reunión.
- Consultar este *Manual* para escoger las herramientas más apropiadas para el ARE y asegurarse de que al menos uno de los participantes está familiarizado con ellas.
- Crear una lista de partes interesadas y expertos y ordenarlos por prioridad según:
 - a) las habilidades y experiencia requeridas; y
 - b) la influencia en la comunicación e implementación de los hallazgos del ARE. Evitar invitar a más de 10-12 participantes pero asegurarse de que haya una buena representación de expertos e partes interesadas.
- Emplear la plantilla de plan de comunicación (Tabla XII) para entrar todos los datos de contacto de los asistentes (título, organización, correos postal y electrónico, teléfono, fax). Este plan se completará durante la primera reunión. (Nota: este registro de asistentes, con algunos pequeños ajustes, también podría constituir el inicio de un registro de las competencias).
- Preparar un presupuesto de la reunión y averiguar con qué recursos se cuenta, incluidos los patrocinadores.
- Difundir el resumen del proyecto con una invitación a los componentes de la lista principal de asistentes
- Preparar un borrador de agenda para guiar de manera sistemática a los asistentes durante la reunión y a lo largo del proceso del ARE que se describe en este *Manual* utilizando todas las herramientas disponibles. Difundir dicho borrador antes de la reunión.
- Si es necesario, enviar solicitudes de patrocinio.
- Buscar y reservar un lugar adecuado si es necesario.
- Organizar el catering para los asistentes y comprobar y registrar si alguno tiene necesidades alimentarias especiales.
- Comprobar que el lugar sea completamente funcional y esté equipado correctamente: sillas y mesas cómodas, baños limpios, funcionales y accesibles, equipo audiovisual, pizarras, etc. También debe disponer de calefacción, aire acondicionado y ventilación adecuados.
- Preparar el material de papelería: cuadernos, bolígrafos, rollos de papel, cinta adhesiva, rótulos para los nombres, etc.
- Imprimir y organizar todo el material que deba distribuirse antes de la reunión o durante la misma.

Partes interesadas

Son las personas y organizaciones que tienen un interés directo o indirecto en el ARE o que pueden resultar afectadas por el ARE y sus resultados. En la Tabla XIV se muestra una lista de verificación de posibles grupos de partes interesadas (se indica un ejemplo específico en la Tabla II).

Al elegir las partes interesadas para constituir el equipo de trabajo, se debe dar prioridad a las que disponen de información clave, habilidades específicas o bien influencias en la comunicación e implementación de las recomendaciones que surjan del ARE.

La lista también constituirá la base del plan de todas las comunicaciones importantes (véase el paso de la *comunicación acerca del riesgo* del ARE)

Tabla XIV**Lista de posibles partes interesadas en un ARE en fauna silvestre**

Consejeros o agencias para la bioseguridad
Médicos, veterinarios u organizaciones especializados en la cría en cautiverio
Grupos dedicados a la conservación
Organizaciones no gubernamentales (ONG), p. ej., WWF o Greenpeace
Agencias gubernamentales locales, regionales y estatales
Agencias de financiamiento y donantes
Medios de comunicación/periodistas
Organizaciones de caza, pesca u otras actividades de exterior recreativas
Representantes de la industria, p. ej., equitación, la minería, estaciones eléctricas, etc.
Responsables/guardas de fauna silvestre protegida
Propietarios y gestores de tierras, como ganaderos, agricultores, terratenientes, etc.
Organismos reguladores incluidos los encargados de generar permisos
Consejeros políticos y políticos
Organizaciones de salud pública Investigadores o universidades
Grupos de voluntariado para la fauna silvestre – p. ej., cuidadores de centros de rehabilitación para fauna silvestre
Dueños de mascotas

Expertos

El nivel y tipo de competencias con los que se cuente será uno de los factores que más influirá en el resultado del análisis. El *análisis del riesgo* no es un dominio exclusivo de especialistas; aunque disponer de competencias en el *análisis del riesgo* puede contribuir significativamente al proceso, personas con conocimientos sobre ciertas áreas de la biología de la fauna silvestre y ciencias de la salud relacionadas pueden llevar a cabo una evaluación del riesgo de enfermedad fiable (Leighton 2002). Cada situación requerirá una combinación específica de competencias y habilidades.

A partir de las dimensiones sociales, políticas y técnicas que se explican en el apartado «Análisis del Riesgo de Enfermedad en fauna silvestre: Planificación y desarrollo» de este *Manual*, se resumen en la Tabla XV las habilidades, atributos y profesiones que pueden ser de gran valor e interés en los procesos propios del ARE en fauna silvestre. Esta gran variedad de profesiones refleja tanto la complejidad de las situaciones en las que pueden tener lugar enfermedades de la *fauna silvestre* como el valor de un enfoque multidisciplinario.

Como no todos los lectores de este *Manual* estarán familiarizados con las habilidades asociadas a las profesiones de la lista, a continuación se ofrece una pequeña explicación de las competencias que tienen los profesionales de algunos de estos ámbitos.

Gestores de la fauna silvestre

Suelen ser representantes gubernamentales o de ONG (p. ej., un grupo de conservación comunitario) responsables de coordinar las decisiones relativas a especies en peligro o amenazadas, capaces de informar sobre los programas actuales de gestión de especies y de aconsejar acerca de los requisitos necesarios para que el gobierno permita iniciativas de *gestión del riesgo*. Los gestores de *fauna silvestre ex situ* (en cautiverio) e *in situ* (de vida libre) también pueden brindar conocimientos específicos sobre la biología y el comportamiento de las especies de *fauna silvestre* en cuestión y la viabilidad de trabajar con las mismas. Además, pueden acceder a algunos de los recursos disponibles para la investigación sobre aspectos prioritarios e implementar la *gestión del riesgo* a través de sus organizaciones afiliadas.

Veterinarios especialistas en fauna silvestre

Todos los veterinarios reciben formación en materia de prevención, investigación, diagnóstico y tratamiento médico y quirúrgico de enfermedades de los animales domésticos. Dicha formación, que incluye también temas como la nutrición, la reproducción animal o la toxicología, se enfoca principalmente a caballos, ganado bovino, ovejas,

cabras, cerdos, perros, gatos y aves de corral.

Pero los veterinarios especialistas en *fauna silvestre* tienen experiencia y formación adicional en técnicas veterinarias aplicadas a la fauna en cautiverio o de vida libre. Tal formación se centra en gran medida en la prevención de enfermedades y, por lo tanto, conocen bien la evaluación del riesgo de enfermedad y la *gestión del riesgo* (Fowler 1986; Franzman 1986). Además, los veterinarios de *fauna silvestre* pueden aportar conocimientos y habilidades en cuanto a captura por medios físicos o químicos, contención y transporte de *fauna silvestre*, *vigilancia* y *seguimiento* de enfermedades, obtención, conservación y transporte de muestras para el diagnóstico, interpretación de los resultados de las pruebas de diagnóstico y elaboración de protocolos de *cuarentena* pre-translocación y de pruebas de detección de enfermedades.

Epidemiólogos

Los médicos y los veterinarios especialistas en epidemiología estudian los patrones de prevalencia de las enfermedades en las poblaciones y los factores que influyen en estos patrones (Thrusfield 2007). Se centran más en investigar poblaciones que animales específicos, con el objeto de:

- determinar el origen de una enfermedad de causa desconocida
- investigar y controlar una enfermedad cuya causa se desconozca o se conozca poco
- adquirir información sobre la ecología e historia natural de una enfermedad
- planificar, seguir y valorar los programas de control de enfermedades
- valorar las pérdidas económicas que ocasiona una enfermedad.

Así pues, los epidemiólogos pueden aconsejar acerca de los patrones de los episodios de enfermedad de una población y de los factores que influyen en su aparición. También pueden identificar los *factores de riesgo* de la enfermedad y determinar los tratamientos óptimos y las opciones de gestión, sugerir las metodologías para comparar los efectos de diferentes opciones de *gestión del riesgo* y brindar orientación en la investigación de un brote, en el diseño del estudio, en la obtención de los datos y en el análisis y documentación de los resultados.

Ecólogos de fauna silvestre

Los ecólogos estudian las relaciones que existen entre un organismo y su entorno y pueden brindar información sobre las interacciones que tienen lugar entre varios organismos del sitio de estudio o entre ellos y sus hábitats. A partir de la ecología han surgido varias disciplinas especializadas.

Por ejemplo, algunos ecólogos se especializan en la biología de la reintroducción, que es el traslado de poblaciones para repoblar los hábitats de los que se habían extraído, el cual permite establecer poblaciones en lugares seguros o reforzar poblaciones en declive. Estos profesionales aportan experiencia en la logística y el manejo de los animales, necesarias para maximizar la supervivencia de los animales trasladados. Un ecólogo de enfermedades también puede brindar información sobre los factores que están afectando a la *transmisión*, a la tasa de diseminación y de mantenimiento de las enfermedades dentro de una población, y a la dispersión y densidad de dicha población (Animal Health Australia 2011).

Médicos y veterinarios del ámbito de la salud pública

La disciplina de la salud pública está enfocada a la prevención de enfermedades y al fomento de la salud de las personas, y se incluye en los programas de formación tanto de médicos como de veterinarios. Estos profesionales pueden aportar a un ARE en *fauna silvestre* conocimientos sobre las enfermedades zoonóticas, es decir, las enfermedades que se transmiten de forma natural entre humanos y otras especies de vertebrados, como la rabia o la psitacosis. Dado que las interacciones entre las personas y la *fauna silvestre* son cada vez más importantes, en la mayoría de ARE en fauna silvestre se deben tener en cuenta los

Tabla XV
Capacidades o atributos que pueden resultar útiles a la hora de realizar un ARE en fauna silvestre

	Capacidad	Quién puede tener esa capacidad
Social	Trabajo con comunidades	Científicos sociales
	Facilitación en el grupo	Facilitadores
	Comprensión cultural	Consejeros culturales
	Comunicación	Comunicadores (p. ej., trabajadores de los medios, relaciones públicas o marketing)
	Revisión del proyecto	Evaluadores, auditores
Política	Influencia	Personas cuya opinión influya en las personas interesadas, como líderes de comunidad (consejeros, jefes de organizaciones socioculturales, políticos, científicos).
	Conocimiento de las normas, reglamentos y directrices (nacionales/internacionales)	Consejeros políticos
	Conocimientos jurídicos	Abogados especialistas en medio ambiente
	Conocimientos actualizados de la legislación, de los permisos (p. ej., CITES), etc.	Representantes de agencias gubernamentales
	Conocimientos de aspectos relativos a las enfermedades transfronterizas	Representantes de agencias gubernamentales, p. ej., en los ámbitos de las aduanas y la bioseguridad
Técnica	Capacidad de gestión en fauna silvestre, biología y ecología	Ecólogos, biólogos, gestores de fauna silvestre
	Conocimientos sobre la sanidad de la fauna silvestre, incluidas pruebas de diagnósticos y su interpretación	Veterinarios especialistas en fauna silvestre Epidemiólogos Científicos de laboratorio (p. ej., anatomopatólogos, virólogos, microbiólogos, toxicólogos, etc.)
	Conocimientos de enfermedades zoonóticas	Veterinarios Médicos de salud pública Epidemiólogos
	Capacidad de análisis del riesgo enfermedad	Analistas del riesgo Estadistas
	Conocimientos sobre el modelado de enfermedades	Modeladores de enfermedades Climatólogos Biólogos de poblaciones Genetistas Biólogos de la reproducción

riesgos de transmisión de enfermedades zoonóticas. Los profesionales con esta formación pueden aconsejar medidas para gestionar estos riesgos.

Dada su posible utilidad en la planificación, formulación del problema e implementación del ARE, se requieren dos habilidades más: la evaluación y la facilitación.

Evaluadores

La evaluación es el «proceso mediante el cual se determina el mérito o valor de algo, o bien el producto de ese proceso» (Scriven 1991). Los evaluadores formados poseen una gran habilidad para la obtención de datos, el pensamiento crítico y el análisis. Siempre que sea posible, es muy importante contar con un evaluador desde la planificación del ARE y a lo largo de su desarrollo (Apéndice 6, pág. 128). Un buen evaluador ayudará en la clarificación de las preguntas relativas a la investigación durante la formulación del problema y se asegurará de que se incluyan los datos necesarios para responder a la pregunta: «¿Cómo sé que ha funcionado?». La inclusión de un plan de evaluación (Apéndice 6 pág. 128) como parte del proceso del ARE y su implementación brinda las bases para el *seguimiento* y la fase de revisión de la *gestión del riesgo*. A su vez, esto proporcionará los fundamentos de un proceso de gestión adaptativa (Fig. 8) que permita determinar qué ajustes deben realizarse en el programa de *gestión del riesgo* y qué mejoras pueden contemplarse en futuros procesos de ARE.

Facilitadores

En un taller para un ARE, un facilitador neutral y experimentado puede ser de gran importancia para el equipo. Los facilitadores ayudan a los grupos a clarificar sus objetivos y a asegurar la participación total y el entendimiento mutuo mientras se buscan soluciones inclusivas y se cultiva una responsabilidad colectiva (Kaner *et al.* 2007). Estar familiarizado con el tema a tratar puede resultar ventajoso para el facilitador, pero este debe permanecer neutral respecto al contenido y centrarse en los procesos del grupo. Es algo vital dada la pasión y las firmes posturas que suelen presentarse durante los talleres de ARE en *fauna silvestre* y teniendo en cuenta que, en ocasiones, se deben resolver conflictos. Para ser efectivos, los facilitadores deben involucrarse desde las etapas iniciales de la planificación del ARE.

Apéndice 6 Planificación de la evaluación

R.M. Jakob-Hoff

En un proyecto de ARE hay dos aspectos que deben someterse a evaluación formal:

- El proceso del ARE en sí
- Los resultados del proceso, que son las medidas de *gestión del riesgo*.

Así pues, se debe desarrollar un plan de evaluación durante la descripción del problema, y se deben preparar preguntas adicionales para la evaluación como parte del paso de *gestión del riesgo*. En ambos casos, se formulan estrategias y objetivos y se plantea la pregunta «¿Cómo se medirá el éxito?».

En la tabla XVI se presenta un ejemplo de un plan de evaluación (algunas veces se denomina «modelo lógico de programa») que se ha utilizado en la planificación de un ARE para demonios de Tasmania en el contexto de un taller de planificación de la conservación organizado por el Grupo Especialista en Cría para la Conservación (CBSG) de la UICN. Es una herramienta que puede usarse para clarificar, documentar y establecer un conocimiento común de los proyectos y asegurarse de que todas las personas involucradas tienen claras las razones por las que se promueve una forma específica de trabajar. El equipo del ARE deberá desarrollar de manera conjunta un plan de evaluación durante la fase de formulación del problema del ARE.

El desarrollo y uso de este marco de trabajo colectivo puede comportar un considerable debate entre los miembros del equipo y tiende a generar un plan de ARE más claro y realista que si se realiza de forma aislada. *Pero para este proceso participativo se debe contar con el tiempo necesario.* Cuanto más participativo sea el proceso, más podrá ayudar a asegurar que todos los participantes entienden el proyecto. Como ocurre con la gestión adaptativa, los planes de evaluación son documentos que nunca se dan por terminados y que deben actualizarse continuamente con los datos que vayan llegando, lo cual requiere una revisión cuidadosa y algunas veces varias revisiones.

A continuación, se indican los pasos necesarios para desarrollar un plan de evaluación.

1. Inicialmente, se establece el objetivo del ARE, según se haya acordado en la descripción del problema (se describe en la tabla anterior). Todos los objetivos siguientes se desarrollan como medios para alcanzar este objetivo.

2. En la primera columna de la Tabla XVI se indican los objetivos específicos del *análisis del riesgo*. Tan pronto como sea posible, se deben formular los objetivos denominados SMART (las siglas en inglés de Específico, Medible, Alcanzable, Realista y Dependiente del Tiempo).
3. En la segunda columna de la tabla se explica la razón de cada objetivo, es decir, por qué determinado objetivo es importante. Es una aclaración, y una vez debatida, se suele afinar el objetivo.
4. En la tercera columna se establecen los datos con los que se cuenta (actividades, procesos y recursos) y que se usarán para alcanzar el objetivo. Esta lista es el plan de acción para el ARE. En este paso es importante prestar tanta atención al detalle como sea posible y tener en cuenta los supuestos considerados en el paso 2.
5. En la cuarta columna se indican las preguntas necesarias que se plantearán para realizar un seguimiento de la efectividad de las estrategias utilizadas y evaluarlas, y para saber hasta qué punto se han logrado resultados y hasta qué punto se han alcanzado los objetivos. Son válidas tanto las mediciones cualitativas como las cuantitativas y ambas deben aplicarse adecuadamente.

6. En la columna final se indican las fuentes de los datos necesarios para responder a las preguntas de la evaluación y que constituyen el plan de seguimiento del ARE. Definirlas al inicio permitirá poner en marcha procesos adecuados para obtener datos relevantes en un formato que lleve a un análisis *robusto*.

En el Recuadro 10 se indican algunas de las posibles medidas para el éxito de un ARE en *fauna silvestre*.

**Recuadro 10:
Posibles medidas para el éxito de un ARE
en fauna silvestre**

En el contexto de un ARE en fauna silvestre, algunas medidas clave para el éxito pueden ser:

- Utilizar los mejores datos disponibles
- Detectar y ordenar por importancia los vacíos de información para futuras investigaciones
- Realizar un análisis de los datos lo más robusto posible (p. ej., empleando una revisión externa) dados los niveles de incertidumbre (supuestos explicitados) y las herramientas, recursos (tiempo, fondos, tecnología, etc.) y experiencia existentes
- Contar con el respaldo de las partes interesadas y de los responsables de la toma de decisiones para la aplicación de las recomendaciones relativas a la gestión del riesgo
- Implementar, seguir, revisar y perfeccionar las acciones destinadas a la gestión del riesgo a lo largo del tiempo

Estas medidas pueden considerarse los objetivos del ARE y utilizarse para generar las preguntas de evaluación pertinentes para prever y evitar posibles obstáculos para el éxito.

Tabla XVI
Plan de evaluación para la organización de un taller de ARE en diablos de Tasmania

Finalidad Establecimiento de un plan de gestión del riesgo de enfermedad basado en la evidencia para diablos de Tasmania, en el marco de un plan de gestión de una población protegida empleando la mejor información, técnicas analíticas y experiencia disponibles.

Objetivos específicos (¿Qué?)	Motivos (¿Por qué?)	Estrategias (¿Cómo?)	Preguntas para la evaluación	Fuentes de información
Para el 7 julio de 2008, revisar y analizar los riesgos de enfermedad asociados a la gestión de una población protegida de diablos de Tasmania	La gestión de una población protegida requerirá una gestión <i>ex situ</i> con desplazamientos periódicos de animales entre metapoblaciones. La identificación y análisis del riesgo de enfermedad asociados permitirá establecer medidas de mitigación del riesgo adecuadas	Seguir un proceso estructurado de análisis del riesgo de enfermedad Implicar en el ARE a partes interesadas, expertos y responsables de la toma de decisiones	¿Se siguió un proceso de ARE estructurado? ¿Se contó en el ARE con partes interesadas, expertos y responsables de la toma de decisiones? Si no se incluyó a personas o grupos clave, ¿cuáles eran y por qué no se incluyeron?	Evaluación del organizador Evaluación del organizador y de los participantes Cuestionario de evaluación de participantes y seguimiento del organizador con personas que no están
Para la misma fecha límite, desarrollar un plan de gestión del riesgo integrado en el plan de gestión de la población protegida.	Es necesario establecer un plan de gestión del riesgo de enfermedad integrado en el plan de gestión de la población protegida para asegurarse de que todos los participantes implicados en la gestión del riesgo conocen bien los riesgos de enfermedad.	Llevar a cabo el ARE en el marco más amplio de un taller del CBSG destinado a planificar la protección de una población de diablos de Tasmania.	¿Formó el ARE parte de un taller del CBSG destinado a planificar la protección de una población de diablos de Tasmania?	Evaluación del organizador Informe del taller

Apéndice 7

Ejemplos de resúmenes de ARE en fauna silvestre

B. Rideout

Dado que este *Manual* es la primera publicación que articula la aplicación de los *análisis del riesgo de enfermedad* desde una perspectiva conservacionista de la biodiversidad, no se han podido localizar publicaciones previas que sigan el mismo formato. Los siguientes ejemplos se han compilado de manera retrospectiva a partir de la experiencia personal del autor y se incluyen aquí para ilustrar cómo podrían resumirse gran variedad de ARE siguiendo el formato de este *Manual*.

Como están basados en material retrospectivo, no contemplan todos los componentes del ARE. Ello permite comprobar el valor de cada uno de los sub-pasos del proceso, como se ilustra en la Figura 4.

Alentamos a los que decidan seguir el proceso sistemático que se describe en este *Manual* a publicar sus trabajos y a aumentar el número de casos que puedan servir de ejemplo a colegas de todo el mundo.

Ejemplo 1: Interrupción del programa de liberación de cóndor de California (*Gymnogyps californianus*)

Referencias

Documentos del programa de conservación no publicados.

Comunicación acerca del riesgo

Las partes interesadas involucradas en el *análisis del riesgo* y en la toma de decisiones fueron nuestros veterinarios clínicos, gestores del programa de cría de cóndor de California y el personal del programa de recuperación de cóndor de California del Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre de EE.UU.

Descripción del problema

Contexto

El Cóndor de California es una de las aves más amenazadas de Norteamérica. En 1987, quedaban únicamente 27 ejemplares de esta especie, todos en cautiverio. Así, el programa de recuperación lleva a cabo la reproducción en cautiverio en varias instalaciones aisladas y relativamente *bioprotegidas*, así como la liberación en varias partes del suroeste de EE.UU. y en Baja California, México. Al disponer de instalaciones de reproducción cerca de los sitios de liberación y mantener las parvadas de aves reproductoras relativamente aisladas de otras

aves, se pueden llevar a cabo liberaciones con muy pocas pruebas de detección de enfermedades, ya que las poblaciones silvestres estarían expuestas a los mismos agentes patógenos que las aves mantenidas en cautiverio, neutralizando así los riesgos de enfermedad. La principal herramienta de vigilancia de enfermedades es el *seguimiento* rutinario de la salud de la población y exámenes post-mórtem exhaustivos en todas las aves que mueran. Aunque las tasas de mortalidad en grupos de aves reproductoras en cautiverio son muy bajas, una institución experimentó la pérdida inesperada de un pichón de tres meses de edad criado por los padres. En el examen post-mórtem se observó que el polluelo murió de una infección por el virus de la viruela aviar que se había extendido a todos los órganos internos. Este virus generalmente ocasiona infecciones cutáneas autolimitantes. Hasta aquel momento, la infección sistémica no se había observado en cóndores de California de vida libre, por lo que se plantearon varias preguntas acerca del origen e importancia del virus. Hasta que no se resolvieran tales preguntas, esta institución no podría llevar a cabo más liberaciones. Debido a que los programas de reproducción funcionan a máximo rendimiento, queda poco espacio para alojar aves juveniles si las liberaciones quedan interrumpidas, así que la situación crea un serio problema de manejo debido a la falta de espacio para alojar aves teóricamente destinadas a la liberación.

Objetivos, alcance y enfoque

El objetivo del programa de recuperación es maximizar la población de cóndores de California y tal vez reestablecer las poblaciones autosostenibles de vida libre. El objetivo de esta evaluación del riesgo era responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Se había introducido este virus de la viruela recientemente en la región y podía representar un peligro para las poblaciones de vida libre, o bien era sólo un agente endémico de bajo riesgo que por razones desconocidas causó una infección exagerada en este polluelo?
2. ¿Cuál es el hospedador normal del virus? y ¿Es posible que este hospedador ya constituyera una fuente natural de exposición para los cóndores de California de vida libre?

Supuestos y limitaciones

Las principales limitaciones con este enfoque son que se requiere una respuesta rápida y técnicamente complicada; por otra parte, se parte del supuesto de que en una franja de tiempo razonable podemos caracterizar el virus y determinar cuál es su hospedador natural.

Determinación de los niveles de riesgo aceptables

En este proyecto, la tolerancia al riesgo es baja porque el tamaño de la población de cóndor de California todavía es reducido y su área geográfica de distribución es muy pequeña. Cualquier enfermedad introducida que pudiera reducir la capacidad de establecer poblaciones autosostenibles de vida libre sería devastadora.

Identificación del peligro**Lista completa de peligros**

El único peligro de interés detectado hasta este punto es un virus de la viruela aviar no identificado.

**Clasificación del peligro
(Infeccioso/no infeccioso)**

Infeccioso.

Priorización inicial del peligro (identificación de peligros de interés para una evaluación completa del riesgo)

Virus de la viruela aviar.

Representación gráfica (p. ej., un árbol de situaciones) de las vías biológicas que llevan a la exposición de los animales o personas susceptibles a los peligros en cuestión

No se usó.

Evaluación del riesgo**Evaluación de la liberación**

Aunque, por lo que se sabe, los virus de la viruela aviar causan *infecciones latentes*, existe la posibilidad de infecciones crónicas o inaparentes que pueden comportar la liberación (considerando que este agente ya no se encuentre presente en las áreas de liberación del cóndor). Además, la persistencia del agente en el medio ambiente incrementa el riesgo de liberación mecánica o por fómites.

Evaluación de la exposición

Los cóndores de vida libre a menudo se congregan alrededor de canales y fuentes de agua, lo que comportaría un alto potencial de exposición si se liberara un nuevo virus de la viruela.

Evaluación de las consecuencias

Las infecciones sistémicas por virus de la viruela suelen ser muy infrecuentes y aparecen aisladamente. Si el virus tiene un alto potencial para causar infección sistémica, las consecuencias podrían ser considerables, tales como causar suficiente mortalidad para impedir el establecimiento de poblaciones autosostenibles de vida libre.

Estimación del riesgo

En la estimación del riesgo se concluyó que para continuar con las liberaciones de poblaciones de reproductores en cautiverio debían evaluarse las preguntas indicadas arriba.

Gestión del riesgo**Evaluación de las opciones**

Según el análisis anterior, el plan de mitigación del riesgo precisó la secuenciación de segmentos del ADN del virus de la viruela para tipificar la cepa y llevar a cabo una vigilancia de la misma en aves silvestres simpátricas de los cóndores californianos.

Implementación**Plan de acción**

Los laboratorios de enfermedades de fauna silvestre de San Diego Zoo Global fueron los responsables de secuenciar el virus de la viruela y de la vigilancia oportunista de las aves silvestres.

Seguimiento y revisión

La máxima prevalencia de infecciones por virus de la viruela en aves silvestres de esta región se observó en cuervos (*Corvus corax*) y en rascadores californianos (*Pipilo crissalis*). La secuencia de ADN del virus de los cuervos no coincidió con la secuencia del virus del cóndor de California. Sin embargo, la secuencia del virus de los rascadores coincidió al 100% con la del virus encontrado en el polluelo de cóndor de California. Este virus de la viruela de rascadores californianos también se ha visto en otras aves nativas de todo Norteamérica, lo cual indica que es un virus endémico de esta parte del mundo. Ya que los rascadores californianos son abundantes en las áreas de liberación de cóndor de California, la conclusión fue que probablemente ya se había producido una exposición de la población silvestre. Liberar más cóndores provenientes de la institución afectada no implicaría ningún riesgo adicional de enfermedad para la población silvestre. Así pues, las liberaciones se reanudaron y no se ha producido ningún otro problema desde entonces.

Ejemplo 2: Identificación y mitigación de las causas de declive de los buitres (*Gyps spp.*) en Asia**Comunicación acerca del riesgo**

Las partes interesadas en el *análisis del riesgo* y los encargados de la toma de las decisiones fueron veterinarios, biólogos, representantes de ONG, representantes de la política y representantes de instituciones gubernamentales de varios países asiáticos. Sin embargo, el proceso no

se estructuró como una evaluación del riesgo y un plan de comunicación formales, sino que evolucionó a medida que se obtenían resultados en la investigación y aumentaba la sensibilización del público.

Descripción del problema

Contexto

Hubo un tiempo en que el buitre dorsiblanco bengalí (*Gyps bengalensis*) y los buitres picofino (*G. indicus* y *G. tenuirostris*) se consideraban las aves más comunes de todo el sur asiático, pero fueron víctimas de un declive catastrófico que comenzó en la década de los 90 y que llevó a la pérdida de más del 95% de la población. Este declive ha tenido una importancia trascendental para la conservación, la cultura y la salud pública de la región, ya que estos buitres constituyen el principal mecanismo de eliminación de canales de la industria agropecuaria y también son importantes en algunas ceremonias de funerales humanos.

Objetivos, alcance y enfoque

Los objetivos fueron determinar las causas del declive e implementar estrategias de mitigación efectivas cuanto antes.

Supuestos y limitaciones

La gran variedad de supuestos y limitaciones dificultó mucho la tarea. Muchos consideraron que el patrón y la propagación del declive de la población solo podía deberse a causas transmisibles (Cunningham *et al.*, 2003), así que los estudios iniciales se centraron en virus y otros agentes infecciosos. Las investigaciones fueron todo un desafío, en parte por la dificultad de obtener canales frescos para la evaluación post-mórtem, por la falta de competencias a nivel local en el ámbito de la investigación de enfermedades de *fauna silvestre*, por la dificultad de conseguir fondos de manera rápida y por la gran cantidad de países y agencias gubernamentales involucrados. Fuera cual fuera la causa del declive, se consideró que se requeriría la intervención del gobierno para gestionar el problema, así que se esperaban resultados y una *comunicación acerca del riesgo* clara.

Determinación de los niveles aceptables de riesgo

La tolerancia al riesgo debido a fallos en la mitigación era baja debido a la rapidez del declive de la población, la lenta recuperación esperable en especies longevas de reproducción lenta y los problemas de salud pública relacionados con la acumulación de canales (tales como la expansión de poblaciones de perros asilvestrados y el incremento asociado del riesgo de rabia).

Identificación del peligro

Lista completa de peligros:

El grupo que identificó la causa del declive comenzó con una amplia lista de posibles peligros teniendo en cuenta la definición de un caso que surgió de las investigaciones de campo. La lista de peligros incluyó agentes infecciosos, como nuevos virus, micoplasmas, otras bacterias, sustancias tóxicas naturales y artificiales y condiciones ambientales.

Clasificación del peligro

(infeccioso/no infeccioso)

Se tuvieron en cuenta peligros tanto infecciosos (transmisibles) como no infecciosos.

Priorización inicial del peligro (identificación de peligros de interés para una evaluación completa del riesgo)

Dada la gran variedad de tipos de peligro de la lista, todas las causas se consideraron de alta prioridad de investigación. Se tomó la decisión de proceder con investigaciones paralelas de:

- etiologías (causas) tóxicas a través del análisis de tejidos para comprobar si contenían sustancias tóxicas orgánicas o inorgánicas
- un estudio de transmisión con aves en cautiverio a las que se inocularía material de aves infectadas para determinar si estaba involucrado un agente infeccioso no identificado.

Por último, se determinó que la causa del declive era la contaminación de las canales de ganado por el medicamento diclofenaco, que también se usa en animales (Oaks *et al.* 2004). Las aves que se alimentaban de canales de ganado tratado con diclofenaco sufrían una insuficiencia renal aguda y morían rápidamente por gota renal secundaria.

Representación gráfica (p. ej., un árbol de situaciones) de las vías biológicas que llevan a la exposición de los animales o personas susceptibles a los peligros en cuestión

No se usaron representaciones gráficas, pero una vez el diclofenaco fue identificado como la causa aparente del declive de la población, un estudio de simulación confirmó que la prevalencia observada de diclofenaco en el ganado era suficiente para explicar el declive observado en la población (Green *et al.* 2004). Esto ayudó a descartar otras vías de exposición, tales como la contaminación del agua.

Evaluación del riesgo

Evaluación de la liberación

Poco después de que se comprobara que el diclofenaco era la causa del declive de la población de buitres, se estudió la presencia del medicamento en canales de ganado doméstico y se observó que era alta (Green *et al.* 2004). La «liberación» ya había tenido lugar a una gran escala geográfica, lo cual requirió de intervenciones gubernamentales de alto nivel para detener la liberación y las exposiciones.

Evaluación de la exposición

Para que las aves resultaran expuestas era suficiente con que se alimentaran de una sola canal. No se produce bioacumulación ni en la cadena trófica ni en el medio ambiente, de tal forma que para mitigar la exposición bastó con impedir la exposición a canales de ganado tratado con el medicamento.

Evaluación de las consecuencias

Las consecuencias de la exposición continua fueron la probable extinción de varias especies de buitres (*Gyps spp.*), un entorno cada vez más insalubre debido a la acumulación de canales en descomposición, y un rápido incremento de otras poblaciones de carroñeros, tales como perros asilvestrados, con el consecuente aumento del riesgo de rabia humana y de otras *zoonosis* (Markandya *et al.* 2008).

Estimación del riesgo

Las consecuencias de la exposición generalizada al diclofenaco ya se habían notado cuando se determinó que el fármaco era la causa del declive de los buitres, así que era evidente que la población seguiría en declive y se observarían todas las malas consecuencias relacionadas a no ser que se mitigara de manera efectiva el riesgo de exposición.

Gestión del riesgo

Evaluación de las opciones

La única opción que podía implementarse a una escala suficientemente grande y en un plazo lo bastante corto era la prohibición oficial del uso de diclofenaco en animales.

Implementación

Plan de acción

Las reuniones con las correspondientes partes interesadas y los representantes del gobierno llevaron en 2006 a la prohibición del uso veterinario del diclofenaco en la India y Pakistán. Para mejorar el cumplimiento de la medida, varios grupos llevaron a cabo estudios que permitieron encontrar alternativas no tóxicas a este fármaco, así como identificar otros medicamentos antiinflamatorios no esteroideos que para los buitres resultaban tan tóxicos como el diclofenaco (Swan *et al.* 2006).

Seguimiento y revisión

El *seguimiento* de la efectividad de la prohibición del diclofenaco revela que, aunque la prevalencia de canales contaminadas disminuyó drásticamente, aún quedan suficientes canales contaminadas como para causar disminuciones de la población de aproximadamente un 18% al año (Cuthbert *et al.* 2011). Los obstáculos al éxito de esta medida son que el diclofenaco es fácil de producir y que hay cientos de pequeñas fábricas que aún lo producen, que se vende como medicamento humano sin prescripción, de tal forma que ganaderos y veterinarios pueden seguir adquiriéndolo en las farmacias, y que el medicamento no tóxico alternativo se percibe como menos efectivo. Varias ONG siguen trabajando para mejorar la efectividad de las estrategias de mitigación.

Ejemplo 3: Translocación de psitácidas en islas del Pacífico

Referencias

Documentos no publicados de programas de conservación.

Comunicación acerca del riesgo

Las partes interesadas en el *análisis del riesgo* y en la toma de decisiones fueron funcionarios de nivel nacional y local de los ámbitos de la agricultura y de la *fauna silvestre* responsables de las islas de origen y de destino, así como expertos independientes encargados de revisar los planes.

Descripción del problema

Contexto

En la lista del Apéndice II de la CITES se ha incluido una pequeña psitácida debido a que su distribución se limita a una pequeña isla del Pacífico Sur, por lo que es vulnerable a la extinción por una gran variedad de sucesos catastróficos, como puede ser un tifón.

Objetivos, alcance y enfoque

El objetivo del proyecto era translocar un pequeño grupo de estas aves psitácidas de la isla de origen a otra isla de destino de su entorno histórico natural de origen para establecer una segunda población como medida de protección contra la extinción.

Supuestos y limitaciones

Uno de los principales supuestos en el *análisis del riesgo* era que la población restante de la especie objetivo había permanecido aislada de la exposición natural a la enfermedad debido a la remota ubicación de la isla y a la falta histórica de pista de aterrizaje y de actividades turísticas. Asimismo, la falta de otras psitácidas en la isla de destino redujo la lista

de enfermedades de interés, limitándose a las que tienen un amplio rango de hospedadores (más allá de las psitácidas).

Para que la translocación resultara aceptable y funcionara bien, la isla de destino tenía que cumplir los siguientes criterios limitantes:

- estar dentro del entorno histórico de la especie
- estar libre de otras especies de psitácidas
- estar libre de ratas (*Rattus rattus*) introducidas por barcos, las cuales se sabe que han eliminado otras psitácidas nativas, y
- contar con el apoyo de la comunidad local.

Determinación de los niveles aceptables de riesgo

Aunque el riesgo de introducción significativa de enfermedades en la isla de destino es bajo, la tolerancia al riesgo también es muy baja, debido a que en la isla de destino hay otras especies de aves amenazadas que serían vulnerables a un brote catastrófico de enfermedad y a que la isla de destino está gobernada por un país diferente al de la isla de origen.

Identificación del peligro

Lista completa de peligros

No se disponía de datos sobre vigilancia de enfermedades en la población, pero los datos históricos indicaban que la población había estado estable y sin brotes de enfermedad documentados o mortandad durante al menos varias décadas. Se elaboró una lista con todos los posibles peligros a partir de la literatura científica mundial sobre enfermedades de las psitácidas, pero la tarea fue problemática porque la mayoría de los agentes patógenos de interés estaban documentados en aves provenientes del comercio mundial de mascotas más que de poblaciones de fauna silvestre.

Los agentes patógenos de interés con una amplia variedad de posibles hospedadores son poliomavirus, paramixovirus, herpesvirus, circovirus, virus de la influenza aviar, hemoparásitos, parásitos gastrointestinales y ectoparásitos.

Clasificación del peligro (infeccioso/no infeccioso)

El único peligro no infeccioso preocupante era la mortalidad asociada a la cuarentena. Dada esta preocupación y la larga historia de aislamiento en la pequeña isla de origen, no se estableció un período estricto de *cuarentena*. El plan de translocación requería que las aves fueran liberadas en dos semanas o menos con un *seguimiento* diario de su sanidad durante el período de tenencia.

Priorización inicial del peligro (identificación de peligros de interés para una evaluación completa del riesgo)

Se determinó que los siguientes peligros eran los de mayor prioridad en base a la opinión de los expertos y la literatura concerniente a su amplia variedad de hospedadores, su transmisibilidad y sus posibles efectos a nivel poblacional:

- paramixovirus
- circovirus
- virus de la influenza aviar (cepas H5 y H7 debido a cuestiones reguladoras)
- ectoparásitos

Representación gráfica (p. ej., un árbol de situaciones) de las vías biológicas que llevan a la exposición de los animales o personas susceptibles a los peligros en cuestión

No se utilizó.

Evaluación del riesgo

Evaluación de la liberación

La probabilidad de que el peligro estuviera presente o fuera liberado se consideró baja en el caso de los paramixovirus y del virus de la influenza aviar porque se estimó poco probable que hubiera tenido lugar una exposición reciente, teniendo en cuenta que los agentes no sobreviven mucho tiempo en el medio ambiente y no causan infecciones persistentes.

La probabilidad de presencia o liberación se consideró baja a moderada en el caso de los poliomavirus, los herpesvirus y los circovirus, y alta en el caso de los hemoparásitos, parásitos gastrointestinales y ectoparásitos (véase la evaluación de la exposición).

Evaluación de la exposición

La probabilidad de exposición a la mayoría de agentes víricos se consideró baja a moderada ya que exige el contacto directo. No era probable una estrecha interacción física con otras especies de aves de las islas de destino, y además, la especie de interés sería la única de la isla que se alimentaría de néctar y polen, de tal forma que se consideró improbable una exposición derivada de compartir sitios de alimentación. La exposición a hemoparásitos se consideró probable porque las poblaciones de vectores artrópodos de la isla de destino eran similares a las de la isla de origen. La exposición a parásitos gastrointestinales y ectoparásitos también se consideró probable por la persistencia ambiental de los estadios infectivos de algunos agentes.

Evaluación de las consecuencias

En el caso de los paramixovirus, se consideró que las consecuencias biológicas serían importantes si hubiese un virus adaptado al hospedador que fuera apatógeno para las psitácidas pero que pudiera llegar a pasar a otras especies y causar la enfermedad. Pero se consideró que este hecho sería improbable. También preocupaban las consecuencias reguladoras de que alguna prueba diera resultados positivos, por la posible confusión con la enfermedad exótica de Newcastle.

Las consecuencias de establecer un nuevo circovirus o poliomavirus en la isla de destino se consideraron importantes por el potencial de estos agentes de causar enfermedades autolimitantes en la población, sobrevivir durante largos periodos de tiempo en el ambiente y causar infecciones persistentes.

Establecer el virus de la influenza aviar habría tenido grandes repercusiones en cuanto a regulación por la gran variedad de cepas de influenza que probablemente ya había en las aves acuáticas de las islas de origen y de destino.

Se consideraron potencialmente significativas las consecuencias del establecimiento de nuevos ectoparásitos, tales como ácaros hematófagos. Algunos ectoparásitos pueden causar infecciones letales en determinados animales y perturbar la nidificación de las poblaciones.

Las consecuencias del establecimiento de hemoparásitos en la isla de destino se consideraron relativamente poco importantes porque era probable que cualquiera de los posibles agentes ya se encontrara en todas las islas de la región.

Estimación del riesgo

En la estimación del riesgo se concluyó que estaba justificado llevar a cabo pruebas de detección de virus y parásitos que tuvieran una gran variedad de hospedadores.

Gestión del riesgo

Evaluación de las opciones

En base a los análisis mencionados, se desarrolló un plan de mitigación del riesgo que implicaba obtener hisopados cloacales para PCR de detección de los virus de interés (poliomavirus, circovirus, paramixovirus y las cepas H5 y H7 del virus de la influenza aviar). Se determinó que la mejor técnica de análisis era la PCR porque no se basa en reactivos específicos de especie y porque en este caso no requirió obtener muestras de sangre.

El plan de mitigación para ectoparásitos incluyó una inspección cuidadosa de las aves capturadas y el tratamiento con insecticida en spray.

Sin embargo, no se podía llevar a cabo una cuarentena segura de las aves hasta que se dispusiera de los resultados. Por lo tanto, el plan de mitigación exigía la liberación de las aves tan pronto como fuera posible después de la captura y del tratamiento contra ectoparásitos, pero sacrificando a las aves liberadas si las pruebas daban positivo (y se confirmaban con otras pruebas).

Implementación

Plan de acción

Se llegó a un consenso con todas las partes interesadas respecto a la evaluación del riesgo y al plan de mitigación. La implementación fue responsabilidad del equipo de especialistas en enfermedades de *fauna silvestre* y translocación y de los veterinarios oficiales del país.

Seguimiento y revisión

Durante la translocación, no hubo mortandad ni ninguna otra consecuencia adversa. Las PCR de detección de los agentes de interés dieron negativo en todas las aves. Se hallaron ácaros de las plumas en todas las aves, que se trataron con spray insecticida. No se encontró ningún otro ectoparásito. La posterior secuenciación del ADN de los ácaros de las plumas reveló que probablemente se trataba de una nueva especie adaptada al hospedador. Otras aves que compartían el mismo hábitat en la isla de origen, tales como carriceros (*Acrocephalus* sp.) y aves de corral domésticas, tenían su propia especie de ácaro de las plumas, por lo que parece que el cambio de hospedador no es común en estos ectoparásitos.

El *seguimiento* post-liberación fue responsabilidad del líder del proyecto y del personal asignado a la isla de destino. Dicho *seguimiento* se ha llevado a cabo desde la liberación, y se ha comprobado el éxito del proyecto por el crecimiento de la población liberada y la ausencia de impactos negativos en otras especies de aves nativas. Se han enviado actualizaciones periódicas del proyecto a las agencias gubernamentales que lo supervisan.

Apéndice 8 Ejemplo de ARE: gorila de montaña, aplicando el programa Stella™

(De Unwin y Travis 2009)

Participantes

Laura Hungerford, Patty Klein, Mike Cranfield, Genevieve Dumonceaux, Barbara Corso, Mark Atkinson, Shelley Alexander, Dominic Travis, Tom Meehan, Jim Else, Sue Brown.

Paso 1 – Contar la historia

Este ARE se centra en los gorilas del Parque Bwindi. Los excursionistas y guías constituyen un origen de enfermedad para los animales. La sarna se origina en la comunidad local y es una de las pocas enfermedades que *no* deriva de los guías y excursionistas. En los gorilas, las enfermedades más preocupantes son el sarampión (que afecta a la población durante unos meses) y la tuberculosis (que afecta a la población de manera continua).

Paso 2 – Definir las preguntas

El riesgo de transmisión de la enfermedad a los gorilas (de fuentes identificadas)

¿Cuál es la probabilidad de introducir sarna en la población habituada de gorilas?

¿Cuál es la probabilidad de introducir criptosporidios en la población habituada de gorilas?

¿Cuál es la probabilidad de introducir sarampión en la población habituada de gorilas?

Las especies de interés son:

- humanos
- gorilas
- otros primates habituados

Paso 3 – Trazar un mapa de las vías (Fig. 45)

Procedimientos aplicados en todos los puntos:

- En la zona de actividad de excursionistas y guías, de la comunidad y de la agricultura: programas básicos de salud para la comunidad y de atención veterinaria
- En las zonas de descanso de excursionistas y guías y en las zonas donde se realicen las pruebas de detección: programa educativo

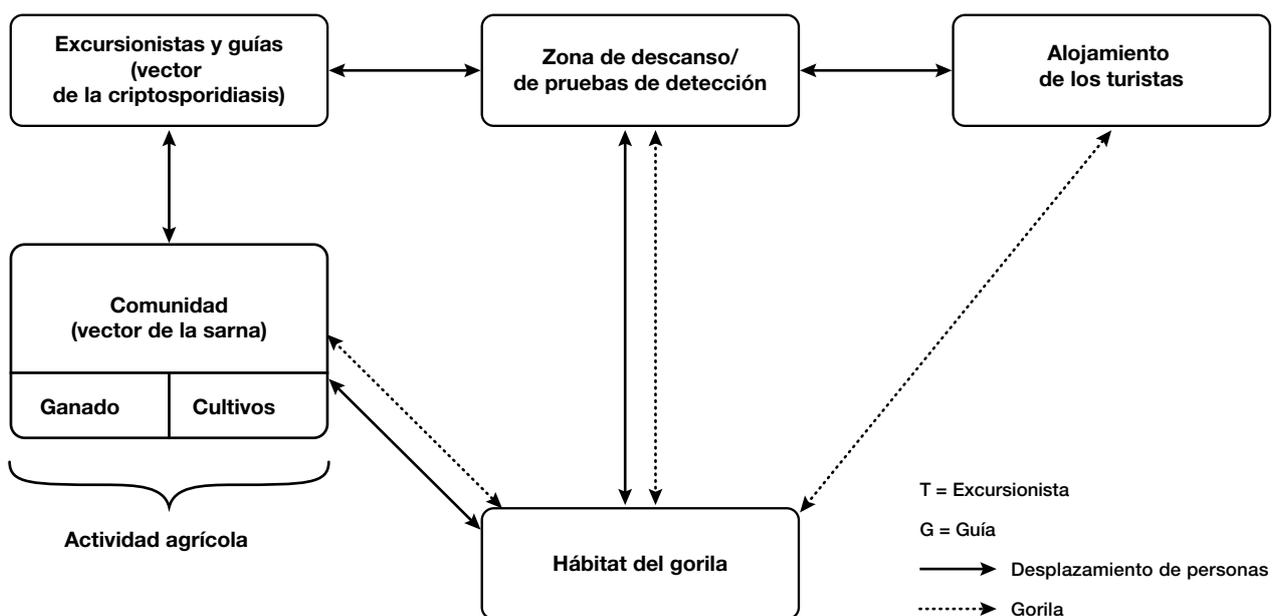


Fig. 45
Paso 3 – Trazar un mapa de las vías

Paso 4 – Identificar todas las posibles fuentes

a) Vías de transmisión de la sarna (Fig. 46)

Identificar todas las posibles fuentes de transmisión de sarna

Origen	Evaluación del riesgo de peligro
Excursionistas y guías	Alto
Comunidad local	Alto
Ganado/cultivos	Ninguno
Zona de descanso de excursionistas y guías/zona de pruebas de detección	Bajo
Alojamiento de turistas	Ninguno
Hábitat de gorilas	Alto

Supuestos y conclusiones

La probabilidad de transmisión a partir de excursionistas y guías es baja.

El punto crítico de control (PCC) es el desplazamiento de gorilas hacia la comunidad y desde la misma.

Los PCC son la transmisión dentro de la comunidad, de gorila a gorila dentro del hábitat, y de la comunidad a los gorilas.

b) Vías de transmisión de criptosporidios (Fig. 47)

Identificar todas las posibles fuentes de transmisión de *Cryptosporidium*

Origen	Evaluación del riesgo de peligro
Excursionistas y guías	Alto
Comunidad local	Bajo
Ganado/cultivos	Alto
Zona de descanso de excursionistas y guías/zona de pruebas de detección	Bajo
Alojamiento de turistas	Bajo
Hábitat de gorilas	Alto

Supuestos y conclusiones

Estas vías no son críticamente significativas.

Los cuatro PCC son la transmisión de gorilas al ganado, de ganado a excursionistas y guías, de zona de descanso a gorilas y de excursionistas y guías a gorilas.

c) Vías de transmisión de sarampión (Fig. 48)

Identificar todas las posibles fuentes de transmisión de sarampión

Origen	Evaluación del riesgo de peligro
Excursionistas y guías	Bajo (>0)
Comunidad local	Bajo (>0)
Ganado/cultivos	Ninguno
Zona de descanso de excursionistas y guías/zona de pruebas de detección	Bajo (>0)
Alojamiento de turistas	Bajo (>0)
Hábitat de gorilas	Ninguno

Supuestos y conclusiones

La probabilidad de transmisión a partir de guías y excursionistas o turistas es extremadamente baja, pero de ocurrir, tendría efectos muy perjudiciales.

El riesgo de transmisión es extremadamente bajo.

El PCC es la transmisión dentro de la población de gorilas.

Debe modificarse el destino de la población.

d) Vías de transmisión de tuberculosis (Fig. 49)

Identificar todas las posibles fuentes de transmisión de tuberculosis

Origen	Evaluación del riesgo de peligro
Excursionistas y guías	Medio a moderado
Comunidad local	Medio a moderado
Ganado/cultivos	Bajo
Zona de descanso de excursionistas y guías/zona de pruebas de detección	Medio a moderado
Alojamiento de turistas	Bajo
Hábitat de gorilas	Ninguno

Supuestos y conclusiones

El riesgo de transmisión es extremadamente bajo.

No hay tratamiento efectivo y es un problema de sanidad importante en términos de morbilidad y mortalidad.

Los PCC son la transmisión dentro de la comunidad y de gorila a gorila.

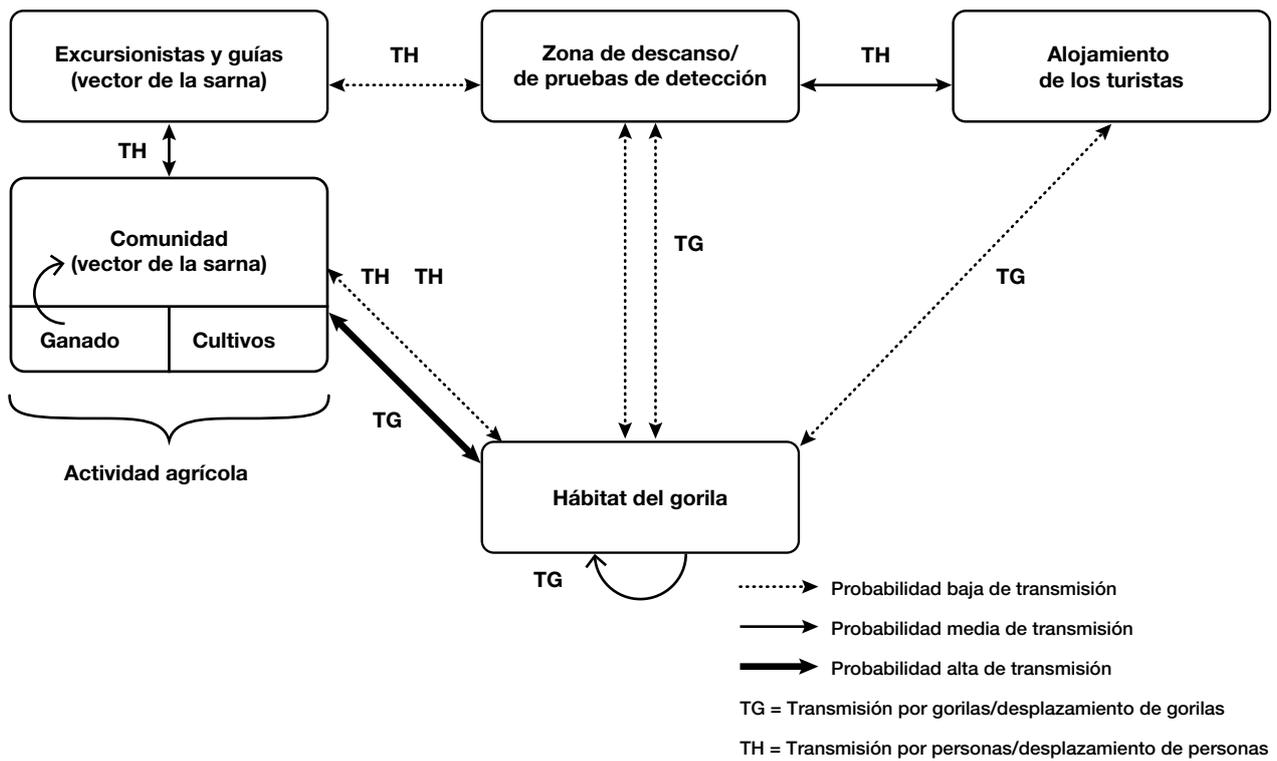


Fig. 46
a) Vías de transmisión de la sarna

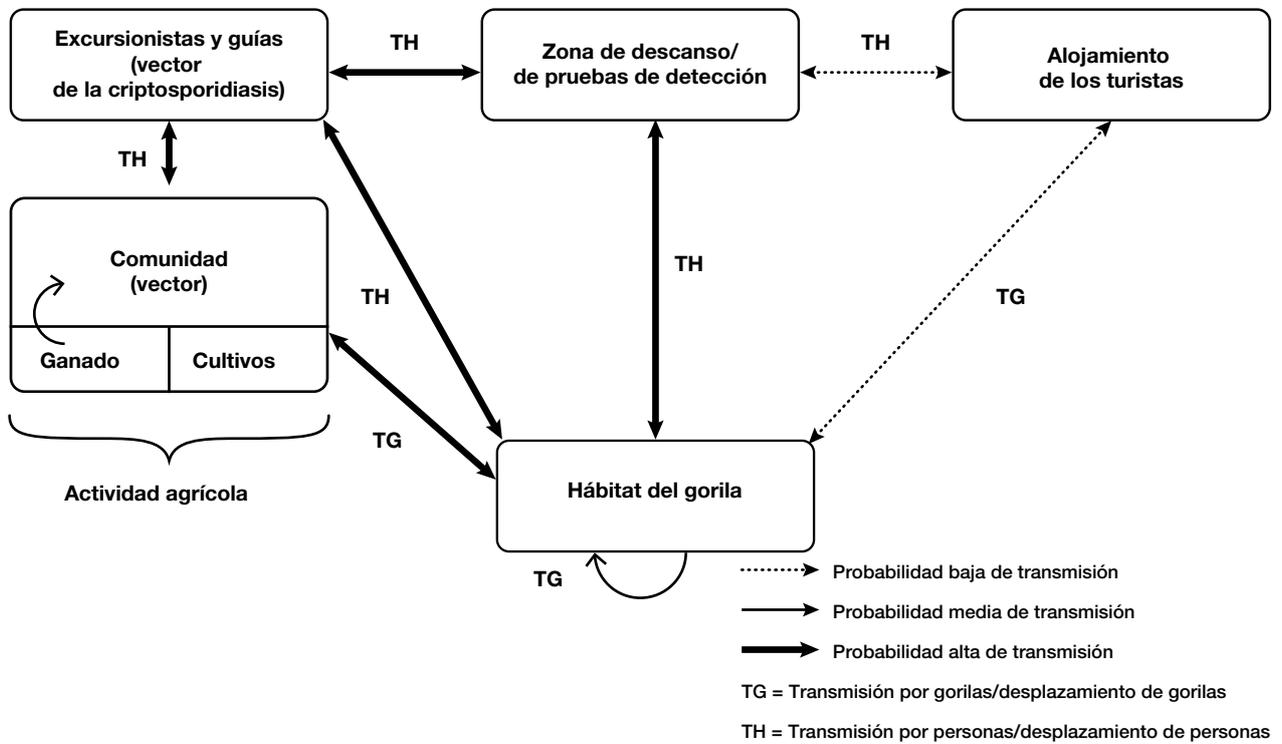


Fig. 47
b) Vías de transmisión de criptosporidios

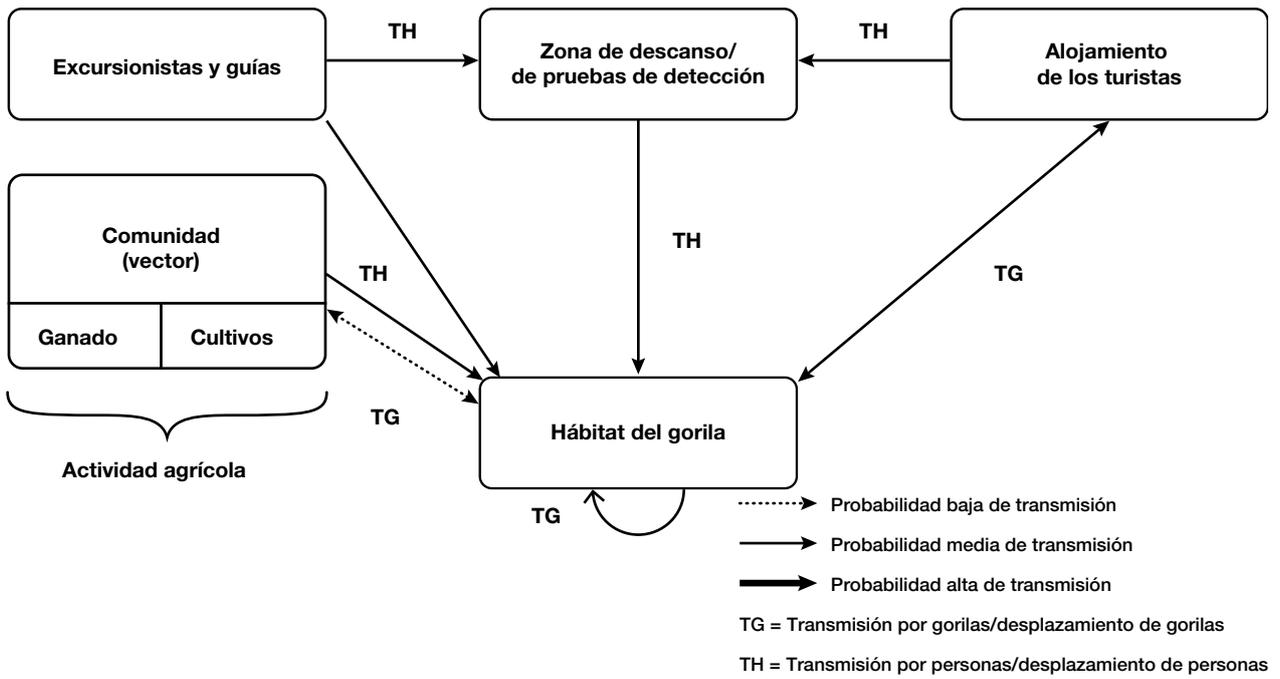


Fig. 48
 c) Vías de transmisión de sarampión

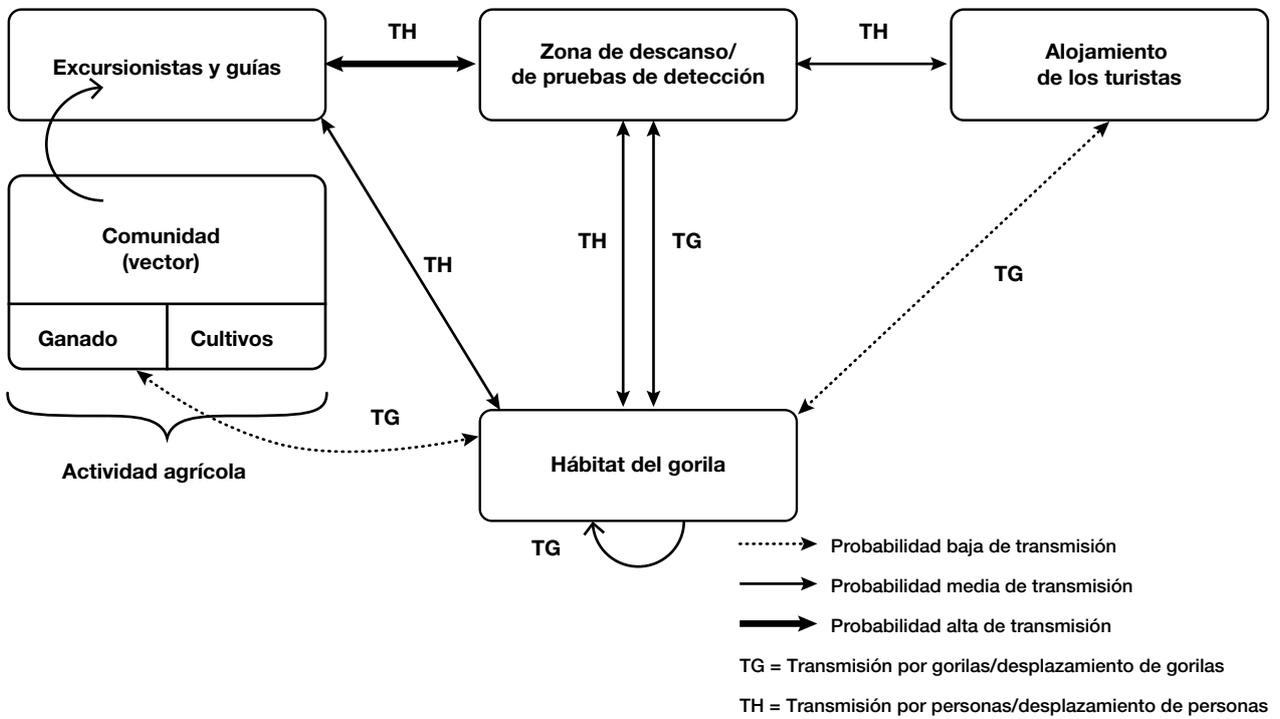


Fig. 49
 d) Vías de transmisión de tuberculosis

Acciones

Punto de control en la comunidad

- Ampliación de los programas y la educación destinados a la comunidad y sobre salud pública.
- Programas de salud para empleados.
- Aumentar los programas/educación sobre sanidad del ganado.
- Crear zonas de amortiguación.

Punto de control de las zonas de descanso

- Higiene personal de los guías y excursionistas.
- Higiene del personal turístico.

Punto de control del hábitat

- Programas de *vacunación*.
- Tratamiento.

Programa Stella™ (www.iseesystems.com)

Resumen del diagrama del grupo de trabajo

El programa Stella está diseñado para determinar patrones en situaciones dinámicas. Desarrollamos este *modelo* como borrador de trabajo para que el grupo se familiarice con el programa Stella.

Configuración:

Modelado como transmisión de la enfermedad entre gorilas, transmisión entre los niños de los excursionistas, transmisión entre otros niños del lugar, rastreadores usados como vía de exposición de los gorilas al sarampión.

Supuestos:

Los gorilas contraen sarampión (de los humanos y por transmisión entre ellos)

- los humanos actúan como *fómites* para el virus del sarampión
- los excursionistas desarrollaron inmunidad contra el sarampión si son adultos
- poblaciones nunca antes expuestas = todas menos los excursionistas
- impacto insignificante en la transmisión entre excursionistas
- poblaciones cerradas
- contactos aleatorios
- dispersión aleatoria

- los adultos humanos que no son excursionistas no tienen ninguna repercusión (únicamente los excursionistas que tienen contacto con gorilas)
- todas las personas infectadas se recuperan y quedan inmunes.

Identificación de datos:

Otros niños= 5 000

- niños de los excursionistas= 700
- excursionistas= 110
- población de gorilas= 320
- gorilas que no contactan= 60
- gorilas que contactan= 260
- los programas de vacunación tienen un 98% de eficacia en gorilas y humanos
- la tasa de contacto entre niño enfermo y niño sano es 1:10
- la tasa de contacto entre excursionistas y gorilas en grupos de contacto es 1:20
- la tasa de contacto entre gorilas que no contactan y gorilas que contactan es 1:2

Ejecutar y evaluar las situaciones

1. El sarampión pasa por la población.
2. Vacunar solo a los niños de los excursionistas.
3. Vacunar a todos los niños.
4. Vacunar únicamente a los gorilas.

Resultados de las simulaciones

Vacunar únicamente a los gorilas fue la forma más efectiva de minimizar la incidencia de sarampión en la población de gorilas.

Se estableció que el *modelo* debía seguir evaluándose indefinidamente.

Resumen

Proceso de desarrollo del modelo

Identificación de los problemas que deben resolverse. Convocar un grupo de profesionales con experiencia y formación en varios ámbitos. Contratar a alguien que tenga conocimientos de Stella. Empezar a trazar un mapa conceptual de los problemas que se estén abordando y establecer los supuestos.

Determinar los PCC del *modelo*.

Entrar datos en el *modelo* (de ser posible, usar datos reales, y si no, las mejores estimaciones). Ejecutar el *modelo*.

Evaluar los datos, el *modelo* y los gráficos obtenidos. Volver a comprobar la idoneidad de los datos entrados y las relaciones creadas. Seguir mejorando y afinando el *modelo* (indefinidamente).

Pregunta: ¿Aporta este enfoque alguna ventaja al explorar un problema complejo?

Respuesta: Sí, permite visualizar el proceso para identificar los PCC, identificar las relaciones que pueden no haber sido obvias y hacerse una idea más clara de la información necesaria.

Pregunta: ¿Puede este enfoque dar una respuesta cuantitativa?

Respuesta: Afinando más y con unos datos suficientemente buenos, este enfoque puede dar respuestas cuantitativas.

Análisis del costo del sarampión en humanos y gorilas mediante un árbol de decisiones

Descripción e interpretación

Se evaluaron tres situaciones. En la primera, se consideró que la prevalencia en la población humana con contacto con gorilas era del 10%, y que en estas personas la enfermedad solo se detectaba mediante una exploración física y la observación

de signos clínicos. Se consideró que la sensibilidad de este método era del 50% y que no tenía ningún costo.

Situación 1: Inspección física de los excursionistas

En la segunda situación, se usó como prueba de detección una PCR hipotética de las muestras clínicas de cada persona que hubiera contactado con gorilas. Se consideró que tenía una sensibilidad del 99% y una especificidad del 75%. Otros supuestos fueron que se excluirían del grupo de trabajo las personas que hubieran contactado con gorilas y que dieran positivo. Teniendo en cuenta esta especificidad, la probabilidad de que un individuo diera un falso positivo era de 0,225.

Por lo tanto, se requirieron alrededor de 25 individuos más en el grupo de trabajo, lo que aumentó los costos de la mano de obra. Para este cálculo también se partió del supuesto de que el método se aplicaba a diario (lo cual puede no ser realista en absoluto). Debe tenerse en cuenta el efecto que tiene la frecuencia con que se realice la PCR (diaria, semanal, trimestral o anual) en la sensibilidad del método (no de la prueba). Los costos en los que se incurrió fueron los de la prueba y los de la mano de obra. En este *modelo*, la probabilidad de introducción de enfermedad (agente) en la población de gorilas se redujo a 0,00005.

Situación 1: Inspección física de los excursionistas

COSTO?	Parámetro	p	Valor (\$)	Comentarios
-	Prevalencia	0,1	0	
+	Prueba	0,5	0	Observación superficial en busca de signos de infección
-	Viabilidad	0,01	0	
-	Transmisión	0,5	0	
TOTAL		0,0002	0	

Situación 2: Análisis de los excursionistas mediante PCR

COSTO?	Parámetro	p	Valor (\$)	Comentarios
-	Prevalencia	0,1	0	
+	Prueba	0,01	25 x 100	Hisopado oronasal para PCR
-	Viabilidad	0,01	0	
-	Transmisión	0,5	0	
TOTAL		0,00005	2.500	Por cada aplicación de la prueba; debe tenerse en cuenta en el cambio de sensibilidad que se produce al cambiar la frecuencia de análisis

Situación 3: vacunación de los excursionistas

COSTO?	Parámetro	p	Valor (\$)	Comentarios
-	Prevalencia	0,01	200	La eficacia de la vacuna reduce la prevalencia al 1%
+	Prueba	0,5	0	Inspección en busca de signos
-	Viabilidad	0,01	0	
-	Transmisión	0,5	0	
TOTAL		0,00025	200	Costo de una aplicación

Situación 2: Uso de la PCR en los excursionistas

Supuestos

100 excursionistas/guardas a 3\$/día

Cada PCR cuesta 20\$. El aumento de sensibilidad de la prueba incrementa la tasa de falsos positivos, y teniendo en cuenta que $p=0,225$, el grupo de trabajo necesario aumenta.

En la tercera situación se utilizó *vacunación* en las personas que hubieran contactado. Se consideró que las vacunas tenían una eficacia del 99% y que, por lo tanto, la prevalencia disminuiría al 1%. Únicamente se realizó una exploración para comprobar si había signos clínicos, por lo que se consideró que la eficacia de detección era del 50%. Con este enfoque, el costo disminuyó a 2\$ por vacunación o una inversión inicial de 200\$. La probabilidad de riesgo fue de 0,000025.

Situación 3: Vacunación de los excursionistas

Supuestos

Costo de la vacuna = 2\$/dosis.

100 excursionistas/guardas vacunados.

La *vacunación* reduce la prevalencia a un 1%.

Recomendaciones

En base a estos datos y *modelos*, es claramente más rentable vacunar a los humanos que hayan contacto; sin embargo, el uso de la PCR como prueba para detectar la enfermedad reduce el riesgo de la introducción del sarampión hasta 5 veces. Estas conclusiones parecen diferir de las obtenidas con el modelo de Stella, pero la diferencia puede deberse a la complejidad de este último, es decir, al hecho de que se añadan consideraciones temporales y otras variables que puedan afectar al resultado.

Gestión y mitigación del riesgo

Muestras necesarias: muestras de sangre – mínimo 10 mL (6 mL de suero, 4 mL de sangre completa en EDTA [ácido etilendiaminotetraacético]) y al menos tres frotis de sangre y varias gotas de sangre seca. Todas las muestras deben duplicarse.

Este documento deberá actualizarse con regularidad
Estas muestras son las mínimas indispensables. En todos los santuarios se deben poder obtener muestras de sangre y se debe disponer al menos de equipo de conservación y formalina. En algunos de ellos también será necesario disponer de formación en el uso correcto de los equipos.

Para el caso de los santuarios en los que solo se disponga de un laboratorio veterinario interno, esta información se limita únicamente a simios, por lo que se requeriría una segunda hoja para monos.

La Tabla XVII de este apartado muestra parte de un diagrama sobre la gestión de enfermedades, un ejemplo tomado del Limbe Wildlife Center. Para cada enfermedad de interés, se muestran los métodos de diagnóstico y las posibles estrategias de gestión en términos de lo que se ha hecho y lo que sería ideal. La obtención de estos datos es útil para que pueda gestionarse el riesgo (en este caso, a través de la Pan African Sanctuary Alliance) al resaltar, por ejemplo, qué pruebas de detección de agentes patógenos deben realizarse y los laboratorios que pueden ayudar en la investigación de los mismos.

Las estrategias para la gestión del riesgo pueden ordenarse por prioridad mediante una matriz de riesgo como la de la Tabla XVIII. Por ejemplo, en el nuevo Centro de Rehabilitación de Gorilas que se encuentra cerca de la Reserva Natural Tayna de la República Democrática del Congo, la probabilidad de detectar el virus del Ébola es entre media y alta, y la gravedad, según lo que se conoce hasta el momento sobre la patología de esta enfermedad, también sería alta. Por lo tanto, es una enfermedad

Tabla XVII
Parte del diagrama sobre la gestión de una enfermedad – Limbe Wildlife Centre

Categoría de la enfermedad	Etiología (en negrita las enfermedades cuarentenarias de especial interés)	Especie	Riesgo relativo	Signos clínicos	Diagnóstico	Si se precisan muestras de sangre ¿Qué tipo de tubo? ¿Qué volumen?	Para cada muestra, forma y período de conservación	¿Quién puede hacer las pruebas? (en rojo lo actual)	Tratamiento si es posible o necesario	Medidas de gestión	Referencias/comentarios	Pruebas del protocolo normal (T), pruebas en caso de brote (S)
	Hepatitis A, B, C	Todas	B	Varios de tipo hepático	Serología	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	JHI, Pasteur/GAHMU			No suponen un problema en términos de enfermedad, pero puede ser necesario comprobarlas por razones legales ¿?	T (Hep A y B únicamente)
	Encefalomiocarditis vírica	Todas	M	Muerte súbita	Histopatología	N/A	Formalina, meses	JHI/ GAHMU	N/A	Control de roedores y de cucarachas	¿Se requiere más información?	S
	VIS/VIH	Chimpancé	B	Normalmente asintomático	Serología	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	JHI, Pasteur/GAHMU	N/A		Aumento de anticuerpos humanos	T
Viricas	VLTS	Chimpancé	B	Normalmente asintomático	Serología	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	JHI, Pasteur/GAHMU	N/A			T
	Ebola/ Marburg	Todas	M	Muerte súbita	Serología	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	CIRMF/ GAHMU	N/A			S
	Sarampión (morbillivirus)	Todas	B	Exantema maculopapuloso	Signos clínicos, aislamiento vírico, seroconversión	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	JHI, Pasteur/GAHMU	N/A		¿Vacunación?	S
	Polio (enterovirus)	Todas	B	Asintomático o con signos del SNC	Signos clínicos	Suero (sin anticoag.) y plasma (EDTA) 0,5 mL	Congelar, meses	JHI, Pasteur/GAHMU	N/A		¿Vacunación?	S

GAHMU, Great Ape Health Monitoring Unit
JHI, John Hopkins Institute, Cameroon

Tabla XVIII
Matriz de riesgos para varias enfermedades de los primates

		Gravedad			
		Muy baja	Baja	Media	Alta
Probabilidad	Alta	<i>Escherichia coli</i> no patogénica		Infecciones por parásitos gastrointestinales	Virus Ébola
	Media			Introducción de cepas de helmintos resistentes a antihelmínticos	
	Baja	Cepas exóticas de microorganismos no patogénicos		Infecciones secundarias inducidas por el estrés derivado de un desplazamiento	Introducción de metaneumovirus humano
	Muy baja				

muy preocupante. Sin embargo, si esta misma matriz se realizara en el Chester Zoo del Reino Unido, aunque la gravedad del virus del Ébola seguiría siendo alta, la probabilidad sería muy baja porque actualmente no se importan animales de áreas donde se sabe que se encuentra el virus. Existe un programa que puede ayudar en la elaboración de este tipo de matrices, pero por ahora basta con saber que estas matrices existen y que pueden constituir una herramienta muy útil para la gestión del riesgo.

Plan de contingencia - estemos preparados

Nuestro plan de contingencia se centra en mantener la funcionalidad del santuario y evitar la entrada de la enfermedad, la presencia de enfermedad en el personal, el sacrificio de animales y el cierre del santuario.

Ejemplo: Tuberculosis

En primer lugar, se debe evaluar el riesgo para determinar si se requiere un plan de contingencia.

Evaluación del riesgo: peligro

Infección por el complejo tuberculoso (humano/ bovino):

- primates
- ungulados

Control jurídico/oficial de la tuberculosis:

- OIE
- Salud Pública (depende del país)
- Percepción pública del riesgo para la salud humana.

Evaluación del riesgo: probabilidad

Infección de animales del santuario por tuberculosis:

- actualmente en aumento
- cambia constantemente.

Legislación para controlar la tuberculosis impuesta por el gobierno/OIE:

- A menudo no existe.

Percepción pública del riesgo para la salud humana:

- alta
- influida por los medios de comunicación

Probabilidad x peligro = riesgo

Probabilidad actualmente moderada pero en aumento.

Peligro/riesgo – muy alto:

- control escaso de la fuente de infección y posible riesgo para la salud humana.

= Se requiere un plan de contingencia

Objetivo

Disminuir la probabilidad de introducir o diseminar tuberculosis desde o hacia un santuario.

Principios

Las medidas de control van orientadas a reducir el riesgo de transmisión. Las posibles vías de transmisión y las medidas de contingencia se indican a continuación.

Puntos adicionales

Estas medidas de contingencia (Tabla XIX) deben revisarse cuando el grado de amenaza varía o se adquieren nuevos conocimientos sobre la enfermedad. Se revisarán de manera periódica (como mínimo mensualmente).

En este libro no se aborda la forma de proceder y ni el tipo de cuidados que se deben brindar a los animales en caso de pandemia humana.

Comunicación acerca del riesgo

El paso más importante del proceso del análisis del riesgo es comunicar a todas las partes interesadas (el director, el personal, otros veterinarios, el gobierno, publicaciones revisadas externamente, medios de comunicación nuevos, etc.) acerca del riesgo e incentivar el diálogo entre ellas. La comunicación es especialmente importante porque la percepción del riesgo de las personas que llevan a cabo este tipo de análisis a menudo abarca desde la del público general (como ancianos de

las aldeas) a la de los máximos especialistas. Los primeros (nosotros) podrían argumentar que el riesgo se debe determinar objetivamente, solamente a partir los datos, mientras que los segundos pueden enmascarar «irracionalmente» su percepción del riesgo con factores subjetivos, a menudo denominados «factores de indignación». La realidad generalmente se encuentra entre estas dos posiciones.

Dado que la sociedad generalmente reacciona más al escándalo que al peligro en sí, una parte importante de la comunicación acerca del riesgo consiste en mostrar los peligros graves como «más indignantes», y los peligros leves, como menos indignantes. Las campañas de los gobiernos con imágenes espantosas que resaltan los peligros de conducir en estado de embriaguez o bajo el efecto de las drogas, así como el material educativo destinado a informar sobre la transmisión del virus del Ébola (Fig. 51) son ejemplos de sistemas de comunicación que aumentan la indignación. Así, el grado de aceptación pública de los riesgos depende sin duda del grado de indignación que estos ocasionen.

Por lo tanto, la comunicación acerca del riesgo no debe ser una mera idea. Comunicar los resultados de una evaluación del riesgo es esencial tanto para definir el peligro como la pregunta relativa al riesgo, así como para formular el enfoque de todo el análisis del riesgo. De otra forma, todo el ejercicio resultaría inútil.

Tabla XIX
Resumen del plan de contingencia

Medidas que se deben aplicar (fecha)	<ul style="list-style-type: none"> – Prueba de reacción intradérmica para la detección de <i>M. tuberculosis</i> y <i>M. bovis</i> – Cuarentena
Medidas que deben ponerse en marcha tan pronto como sea posible	<p>Medidas de control – bioseguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Alojamiento/exclusión de primates silvestres – Restringir el acceso de humanos – Minimizar la dispersión de aerosoles – Bioseguridad clasificada – «estrategia de Ciudadela»
Programación que debe darse a conocer tan pronto como se conozca	<p>Depende de cada santuario</p>
Medidas que deben ponerse en marcha en caso de brote	<ul style="list-style-type: none"> – Aislamiento del santuario y de los animales positivos – creación de unidades epidemiológicas (Fig. 50) – Detener los desplazamientos de animales – Analizar todas las muestras con pruebas rápidas y de reacción intradérmica (<i>M. tuberculosis</i>, <i>M. avium</i> y <i>M. bovis</i>) – Informar a las autoridades – Posible sacrificio de animales positivos

Principales vías de transmisión	Plan de contingencia para reducir el riesgo de transmisión desde/hacia santuarios de animales
Animales silvestres y domésticos	<p>Objetivo – reducir el contacto entre animales silvestres y animales del santuario:</p> <ul style="list-style-type: none"> – El ganado doméstico de los alrededores del santuario puede funcionar como vector – La presencia de mamíferos silvestres vectores es probable y puede variar entre santuarios <p>Medidas preventivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Prevenir el contacto entre los recintos de primates y el ganado doméstico, evitando que pastoreen en la misma zona – Minimizar el contacto entre mamíferos silvestres y primates en la medida de lo posible
Llegadas recientes	<p>Objetivo – prevenir la introducción de animales infectados</p> <p>Medidas de control:</p> <p>De ser posible, se deben realizar pruebas de diagnóstico certificadas antes de la llegada. Solicitar toda la información posible sobre la tuberculosis en cada población, desde la zona de origen</p> <p>Quarantine:</p> <ul style="list-style-type: none"> – La cuarentena debe llevarla a cabo personal diferente al que cuida los animales del santuario – Duración: 90 días para detectar los signos clásicos – Prueba intradérmica: durante la cuarentena, se deben realizar dos pruebas con un intervalo de 42 días entre ellas, usando tuberculina antigua de mamífero y tuberculina aviar y bovina. – Se utiliza una prueba serológica rápida si la hay (Stat-pak) – Se realizan radiografías torácicas si es posible – Se obtiene un lavado traqueal y de esputo si es posible. El lavado traqueal debe ser sometido a cultivo si alguna de las demás pruebas da resultados positivos
Alimento	<p>Objetivo – prevenir la entrada de la enfermedad a través de productos alimenticios infectados. Los alimentos no son una fuente común de tuberculosis</p> <p>Medidas de control:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Controlar el origen del alimento, especialmente de alimentos verdes que suelen ofrecerse a los animales
Fómites (vehículos, equipo, jaulas, vestimenta y zapatos, etc.)	<p>Objetivo – prevenir que la enfermedad se transmita a los animales, su alimento o cualquier otro instrumento que entre en contacto con ellos</p> <p>Medidas de control en caso de que la enfermedad se generalice (brote):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Desinfectar el calzado y todo vehículo (neumáticos y llantas) que entre en el área de cuarentena o en el santuario
Heces, sobras de comida, camas sucias, etc.	<p>Medidas de control en caso de brote:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Los desperdicios de animales o recintos sospechosos deben empaquetarse y sellarse cuidadosamente y separarse del resto de productos – El suelo debe desinfectarse a diario con productos autorizados recomendados para los casos de tuberculosis de mamíferos
Humanos infectados	<p>Objetivo – prevenir la transferencia de una cepa patógena que pueda infectar a personas o animales:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Es necesario diferenciar entre visitantes y personal – Los esfuerzos deben centrarse en mantener al personal sano <p>Recomendaciones en cuanto a los visitantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> – En caso de brote, restringir el acceso al centro – Obligar a utilizar mascarilla para entrar en el centro – Pedir que se rellene un cuestionario corto sobre el estado personal de salud – Evitar el acceso de visitantes que presenten signos respiratorios – Impedir que se sitúen a menos de 10–15 metros de los animales <p>Recomendaciones para el personal:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Programa de salud profilático: pruebas rápidas <i>in vitro</i> y prueba de Mantoux – Trabajar con mascarilla y guantes

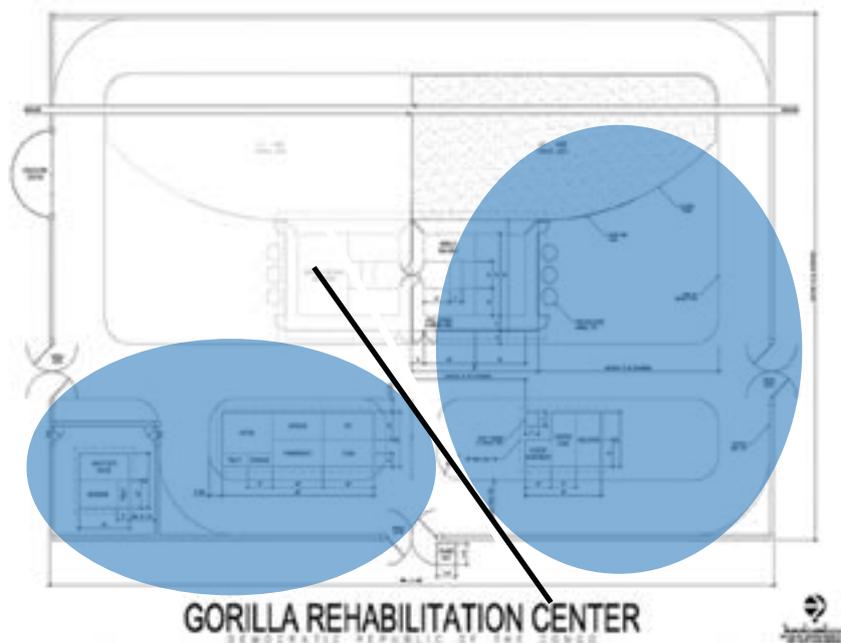


Fig. 50

Creación de unidades epidemiológicas

Esta imagen ilustra cómo las instalaciones pueden dividirse en distintas áreas para impedir una propagación generalizada de los posibles brotes.

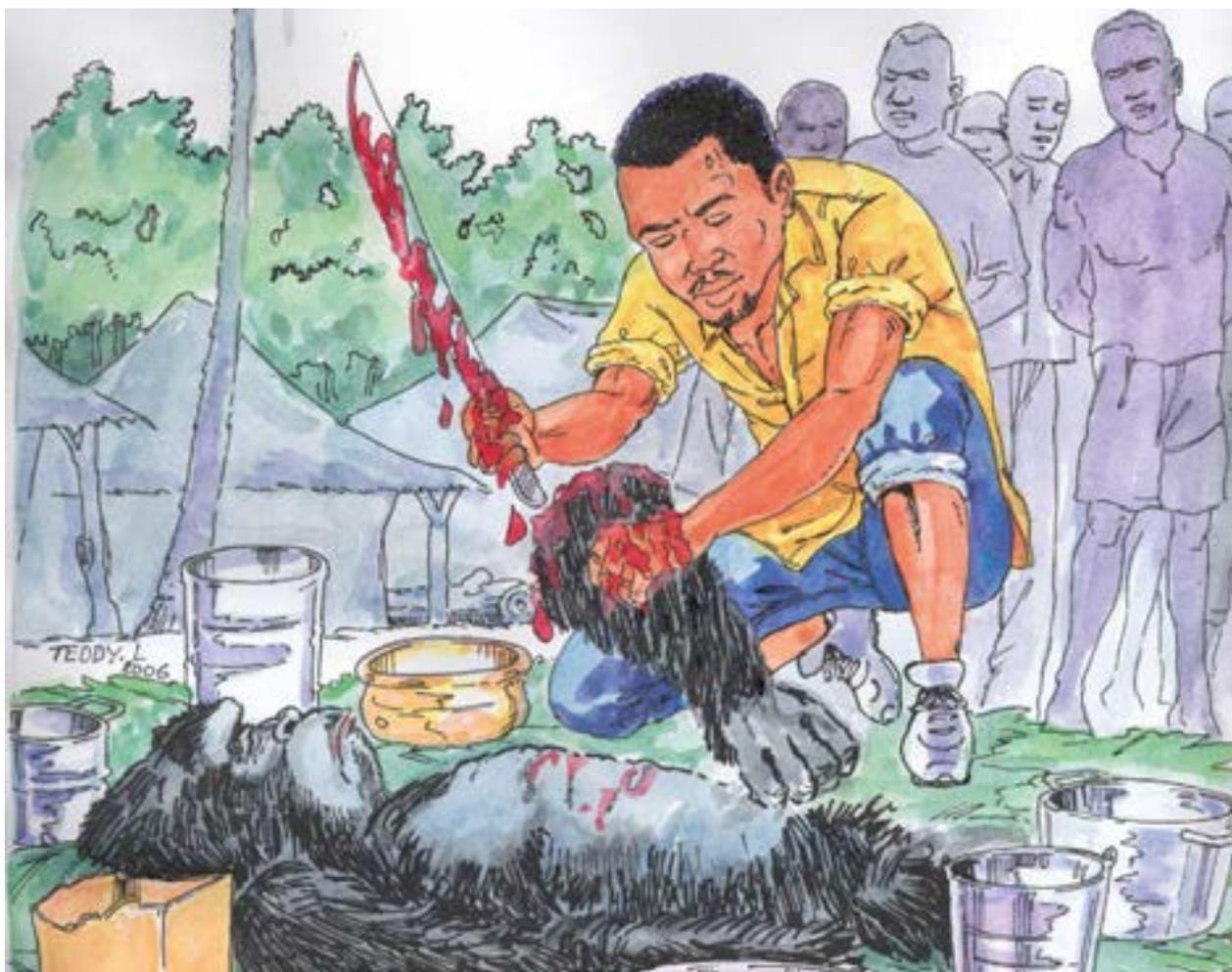


Fig. 51

Imagen tomada de una serie de dibujos educativos sobre la diseminación del virus del Ébola en la República Democrática del Congo

(Amablemente cedida por Ken Cameron, veterinario de campo de la Sociedad para la Conservación de la Fauna Silvestre)

Bibliografía

- Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US EPA) (1998). – Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F. Risk Assessment Forum, Washington, Distrito de Columbia.
- Aguirre A.A., Ostfeld R.S., Tabor G.M., House C. y Pearl M.C. (eds) (2002). – Conservation Medicine: Ecological Health In Practice. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Akçakaya, H.R. y Atwood J.L. (1997). – A habitat-based metapopulation model of the California gnatcatcher. *Cons. Biol.*, **11**, 422–434.
- Alderman D.J. (1996). – Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *En Preventing the spread of aquatic animal diseases* (B.J. Hill y T. Håstein, eds). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **15** (2), 603–632.
- Alley M. y Gartrell B. (2006). – A Salmonella outbreak in hihi (*Notiomystis cincta*), Kokako. *Bull. wildl. Soc. N.Z. vet. Assoc.*, **13** (1).
- Alley M.R., Connolly J.H., Fenwick S.G., Mackereth G.F., Leyland M.J., Rogers L.E., Haycock M., Nicol C. y Reed C.E.M. (2002). – An epidemic of salmonellosis caused by *Salmonella typhimurium* DT160 in wild birds and humans in New Zealand. *N.Z. vet. J.*, **50** (5), 170–176.
- Animal Health Australia (2011). – Wild Animal Response Strategy, Australian Veterinary Emergency Plan (AUSVETPLAN), Edition 3, Primary Industries Ministerial Council, Canberra.
- Armstrong D., Jakob-Hoff R. y Seal U.S. (eds) (2003). – Animal Movements and Disease Risk – A Workbook, 5ª Ed. Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la CSS de la UICN, Apple Valley, Minnesota.
- Arrija A. (2008). – Book Review: Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products, Vols. 1 y 2. *Can. vet. J.*, **49**, 1036. AUSVETPLAN WARS Manual.
- Autoridad Reguladora del Ministerio de Agricultura y Silvicultura (MAF) de Nueva Zelanda (1999). – Import risk analysis: chicken meat and chicken meat products; Bernard Matthews Foods Ltd turkey meat preparations from the United Kingdom. MAF, Wellington. Disponible en: www.animalhealthaustralia.com.au/our-publications/ausvetplan-manuals-and-documents/
- Bartholomew J.L., Hedrick R.P., Kerans B., MacDiarmid S.C. y Winton J.R. (2005). – Development of a risk assessment based approach for the prevention, management and control of whirling disease. *Rev. Fisheries Sci.*, **13**, 205–230.
- Bengis R.G., Kriek N.P.J., Keet D.F., Raatch J.P., De Vos V. y Huchzermeyer H.F.A.K. (1996). – An outbreak of bovine tuberculosis in a free-living African buffalo (*Syncerus caffer*, Sparman) population in the Kruger National Park: a preliminary report. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **63**, 15–18.
- Bengis R.G., Kock R.A. y Fisher J. (2002). – Infectious animal diseases: the wildlife/livestock interface. *En Infectious diseases of wildlife: detection, diagnosis and management (Part One)* (R.G. Bengis, ed.). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **21** (1), 53–65.
- Berstein P.L. (1996). – Against the Gods: The Remarkable Story of Risk. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Biosecurity New Zealand. (2005). – Import Risk Analysis – Ornamental Fish, Ministerio de Agricultura y Silvicultura, Wellington, Nueva Zelanda.
- Bolortsetseg S., Shilegdamba E., Nyamsuren D., Weisman W., Fine A., Yang A. y Joly D.O. (2012). – Serosurveillance for foot and mouth disease in Mongolian gazelles (*Procapra gutturosa*) and livestock on the Eastern Steppe of Mongolia. *J. Wildl. Dis.*, **48** (1), 33–38.
- Bradshaw C.J.A., McMahon C.R., Miller P.S., Lacy R.C., Watts M.J., Verant M.L., Pollack J.P., Fordham D.A., Prowse T.A.A. y Brook B.W. (2012). – Novel coupling of individualbased epidemiological and demographic models predicts realistic dynamics of tuberculosis in alien buffalo. *J. appl. Ecol.*, **49** (1), 268–277.
- Briones V., Fernandez A., Blanco M., Ramiro F., De Vincente M.L., Garcia J., Mendez J.L. y Goyache J. (1998). – Haemorrhagic septicaemia by *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in a black-tip reef shark (*Carcharhinus melanopterus*). *J. vet. Med. B*, **45** (7), 443–445.
- Brückner G., MacDiarmid S.C., Murray N., Berthe F., Müller-Graf C., Sugiura K., Zepeda C., Kahn S. y Mylrea G. (2010). – Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products, Volumen I. Introduction and Qualitative Risk Analysis, 2ª Ed. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París.

- Budke C.M., Campos-Ponce M., Qian W. y Torgerson P.R. (2005). – A canine purgation study and risk factor analysis for echinococcosis in a high endemic region of the Tibetan plateau. *Vet. Parasitol.*, **127** (1), 43–49.
- Calle P.P. (1999). – Tuberculin responses in orangutans. *En Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy 4* (M.E. Fowler y R.E. Miller, eds). WB Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 650–657.
- Carey C., Cohen N. y Rollins-Smith L. (1999). – Amphibian declines: an immunological perspective. *Dev. Comp. Immunol.*, **23**, 459–472.
- Clancy D., Billingham A. y Cater H. (2009). – Hazard identification and risk assessment – understanding the transition from the document plan to assessing dynamic risk in biosecurity emergencies. World Conference on Disaster Management, 13–14 de octubre, Sydney, Australia.
- Clark E.L., Munkhbat J., Dulamtseren S., Baillie J.E.M., Batsaikhan N., Samiya R. y Stubbe M. (eds) (2006). – Mongolian Red List of Mammals. Regional Red List Series. Volumen 1. Zoological Society of London, Londres, Reino Unido.
- Clemen R.T. (1997). – Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis. Duxbury Press, Pacific Grove, California.
- Clemen R.T. y Reilly T. (2001). – Making Hard Decisions with Decision Tools®. Duxbury Thomson Learning, Pacific Grove, California.
- Clements C.A. y Pfeiffer D.U. (2009). – Emerging viral zoonoses: Frameworks for spatial and spatiotemporal risk assessment and resource planning. *Vet. J.*, **182**, 21–30.
- Grupo Especialista en Cría para la Conservación (CBSG) (2008). – Tasmanian Devil PHVA Final Report. Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la CSS de la UICN, Apple Valley, Minnesota.
- Covello V.T. y Merkhofer M.W. (1993). – Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental Risks. Plenum Publishing, Nueva York.
- Cowell R.R. (1997). – Microbial biodiversity and biotechnology. *En Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources* (E.O. Wilson, ed.). National Academy of Sciences, Washington, Distrito de Columbia, 279–299.
- Cunningham A.A., Prakash V., Pain D., Ghalsasi G.R., Wells G.A.H., Kolte G.N., Nighot P., Goudar M.S., Kshirsagar S. y Rahmani A. (2003). – Indian vultures: victims of an infectious disease epidemic? *Anim. Cons.*, **6** (3), 189–197.
- Cuthbert R., Taggart M.A., Prakash V., Saini M., Swarup D., Upreti S., Mateo R., Chakraborty S.S., Deori P. y Green R.E. (2011). – Effectiveness of actions in Indian to reduce exposure of Gyps vultures to the toxic veterinary drug diclofenac. *PLoS One*, **6** (5), e19069. doi: 10.1371/journal.pone.0019069.
- Dambacher J.M., Shenton W., Hayes K.R., Hart B.T. y Barry S. (2007). – Qualitative modelling and Bayesian network analysis for risk-based biosecurity decision making in complex systems. Report for the Australian Centre of Excellence in Risk Analysis, Melbourne.
- Daszak P., Cunningham A.A. y Hyatt A.D. (2000). – Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science*, **287** (5452), 443–449.
- Daszak P., Cunningham A.A. y Hyatt A.D. (2003). – Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity Distributions*, **9** (2), 141–150.
- Davis M.A. (2008). – Population dynamics of the New Mexico ridge-nosed rattlesnake (*Crotalus willardi obscurus*) in the Madrean Archipelago: a threatened species in a changing ecosystem. Tesis doctoral, Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins, Colorado.
- Decker D.J., Wild M.A. y Riley S.J. (2006). – Wildlife disease management: a manager's model. *Human Dimensions Wildl.*, **11** (3), 151–158.
- Dohoo I.R., Martin W.S. y Stryhn H. (2003). Veterinary Epidemiologic Research. AVC Inc., Calgary, Canadá.
- Di Stefano J., Anson J.A., York A., Greenfield A., Coulson G., Berman A. y Bladen M. (2007). – Interactions between timber harvesting and swamp wallabies (*Wallabia bicolor*): space use, density and browsing impact. *Forest Ecol. Manage.*, **253** (1–3), 128–137.
- Donaldson A.I., Alexandersen S., Sorensen J.H. y Mikkelsen T. (2001). – Relative risks of uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. *Vet. Rec.*, **148**, 602–604.
- Donnelly C.A., Woodroffe R., Cox D.R., Bourne J., Gettinby G., Le Fevre A.M., McInerney J.P. y Morrison W.I. (2003). – Impact of localised badger culling on tuberculosis incidence in British cattle. *Nature*, **426** (6968), 834–837.
- Fowler M.E. (1986). – Introduction and overview. *En Zoo and Wild Animal Medicine*, 2ª Ed. (M.E. Fowler, ed.). W.B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, 4–6.
- Franzman A.W. (1986). – Wildlife medicine. *En Zoo and Wild Animal Medicine*, 2ª Ed. (M.E. Fowler, ed.). W.B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, 8–11.

- Friend M. (2006). – Disease Emergence and Re-emergence: The Wildlife–Human Connection. US Geological Survey, Reston, Virginia.
- Gale P., Brouwer A., Ramnial V., Kelly L., Kosmider R., Fooks A.R. y Snary E.L. (2010). – Assessing the impact of climate change on vector-borne viruses in the EU through the elicitation of expert opinion. *Epidemiol. Infect.*, **138**, 214–225.
- Gál J., Vincze Z., Jakab C., Ari C. y Lefler K.K. (2005). – Multiplex shafted fibroma on the upper jaw of a sand-tiger shark [*Carcharias (Odontaspis) taurus*]. *Magyar Allatorvosok Lapja [Hungarian vet. J.]*, **127** (5), 242–245.
- Gallagher E., Ryan J., Kelly L., Leforban Y. y Wooldridge M. (2002). – Estimating the risk of importation of foot and mouth disease into Europe. *Vet. Rec.*, **150**, 769–772.
- Garratt K.J. y Chimed-Ochir B. (2001). – Biodiversity conservation and sustainable livelihood options in the Grasslands of Eastern Mongolia. MON/97/G32. Report of the independent mid-term evaluation mission, agosto de 2001.
- Gartrell B.D., Alley M.R., Mack H., Donald J., McInnes K. y Jansen P. (2005). – Erysipelas in the critically endangered Kakapo. *Avian Pathol.*, **34** (5), 383–387.
- Green R.E., Newton I., Shultz S., Cunningham A.A., Gilbert M., Pain D.J. y Prakash V. (2004). – Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. *J. appl. Ecol.*, **41** (5), 793–800. doi: 10.1111/j.0021–8901.2004.00954.x.
- Gregory R., Failing L., Harstone M., Long G., McDaniels T. y Ohlson D. (2012). – Structured Decision-Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices. Wiley-Blackwell, Chichester, Reino Unido.
- Grimes D.J., Stemmler J., Hada H., May E.B., Maneval D., Hetrick F.M., Jones R.T., Stoskopf M. y Colwell R.R. (1984). – *Vibrio* species associated with mortality of sharks held in captivity. *Microb. Ecol.*, **10**, 271–282.
- Gubler D.J. (2007). – The continuing spread of West Nile virus in the Western hemisphere. *Clin. infect. Dis.*, **45**, 1039–1046.
- Hannon B. y Ruth M. (2009). – Dynamic Modelling of Diseases and Pests. Springer-Verlag, Berlín.
- Harvey T., Mahaffey K.R., Velazquez S. y Dourson M. (1995). – Holistic risk assessment: an emerging process for environmental decisions. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, **22**, 110–117.
- Heffernan D.E. (2005). – A report on an assessment of the protected areas of the Eastern Steppe of Mongolia. Informe preparado por voluntarios del cuerpo de Paz de EE.UU. asignado al Ministerio de la Naturaleza y el Medio Ambiente de Mongolia, Ulaanbaatar.
- Heiner M., Galbadrakh D., Kiesecker J., McKenney B., Evans J., Enkhsetseg T., Zmburelmaa D., Ulziisaikhan V., Oyungerel B., Sanjmyatav D., Gankhuyag R., Enkhbat D., Ochirhuyag L., Sergelen G., Girvetz E. y McDonald R. (2011). – Identifying Conservation Priorities in the Face of Future Development: Applying Development by Design in the Grasslands of Mongolia. The Nature Conservancy, Abril de 2011.
- Hickling G.J. (1991). – The ecology of brush-tailed possum populations infected with tuberculosis. Ponencia de un simposio sobre la tuberculosis (R. Jackson, ed.). Publicación 132, Universidad de Massey, Palmerston North, Nueva Zelanda.
- Hirsch D.C. (2004). – *Enterobacteriaceae: Salmonella* spp. *En Veterinary Microbiology*, 2ª Ed. (D.C. Hirsch, N.J. MacLachlan y R.L. Walker, eds). Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido, 69–74.
- Holdich D.M. y Reeve I.D. (1991). – Distribution of freshwater crayfish in the British Isles, with particular reference to crayfish plague, alien introductions and water quality. *Aquat. Conserv. marine freshwater Ecosyst.*, **1** (2), 139–158.
- Hood G.M., Barry S.C. y Martin P.A.J. (2009). – Alternative methods for computing the sensitivity of complex surveillance systems. *Risk Anal.*, **29** (12), 1686–1698. doi:10.1111/j.1539–6924.2009.01323.x0.
- Hugh-Jones M.E., Hubbert W.T. y Hagstad H.V. (2000). – Zoonoses: Recognition, Control and Prevention. Servicio de Publicaciones de la Universidad del Estado de Iowa, Ames, Iowa.
- Hunter D., Bayley A. y Taylor B. (1995). – The Zen of Groups: The Handbook for People Meeting with a Purpose. Fisher Books, Tucson, Arizona.
- International Life Sciences Institute (ILSI) (2000). – Revised Framework for Microbial Risk Assessment. ILSI Press, Washington DC.
- Jacobson S.K. (2009). – Communication Skills for Conservation Professionals, 2ª Ed. Island Press, Washington, Distrito de Columbia.

- Jakob-Hoff R. (2001). – Disease risk assessment for translocation of kaki (black stilt), *Himantopus novaezeelandiae*, from captivity to the wild. DOC Science Internal Series 16. Departamento de Conservación, Wellington, Nueva Zelanda.
- Jakob-Hoff R.M. (2008). – Kakapo disease risk assessment and management plan. Ponencia del Kakapo Science and Technical Advisor Committee Workshop, NZCCM, 17–18 de noviembre, Auckland Zoo. Se pueden solicitar copias escribiendo a richard@cbsgaustralasia.org.
- Johnston M.R.L. (1975). – Distribution of *Pirhemocytos* Chatton & Blanc, and other, possible related, infections of poikilotherms. *J. Protozool.*, **22** (4) 529–535.
- Kaner S., Lind L., Toldi C., Fisk S. y Berger D. (2007). – Facilitator's Guide to Participatory Decision-making, 2ª Ed. John Wiley and Sons, Chichester, Reino Unido.
- Keet D.F., Davies-Mostert H., Bengis R.G., Funston P., Buss P., Hofmeyr M., Ferreira S., Lane E., Miller P. y Daly B.G. (eds) (2009). – Disease Risk Assessment Workshop Report: African lion (*Panthera leo*) bovine tuberculosis. Grupo Especialista en Cría para la Conservación (CBSG de la SSC de la IUCN)/CBSG de África Austral. Endangered Wildlife Trust.
- Khan R.A. y Newman M.W. (1981). – Blood parasites from fish of the Gulf of Maine to Cape Hatteras, Northwest Atlantic Ocean, with notes on the distribution of fish hematozoa. *Can. J. Zool.*, **60**, 396–402.
- Kuhn T.S. (1962). – The Structure of Scientific Revolutions. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Chicago, Chicago, Illinois.
- Leighton F.A. (2002). – Health risk assessment of the translocation of wild animals. *En Infectious diseases of wildlife: detection, diagnosis and management (Part One)* (R.G. Bengis, ed.). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **21** (1), 187–195.
- Lhagvasuren B. y Milner-Gulland E.J. (1997). – The status and management of Mongolian gazelle *Procapra gutturosa* population. *Oryx*, **31** (2), 127–134.
- Lowrance W.W. (1980). – The nature of risk. *En Societal Risk Assessment: How Safe is Safe Enough?* (R.C. Schwing y W.A. Albers Jr, eds). Ponencia de un simposio internacional, 8–9 de octubre de 1979, General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan, 5–17.
- Markandya A., Taylor T., Longo A., Murty M.N., Murty S. y Dhavala K. (2008). – Counting the cost of vulture decline – an appraisal of the human health and other benefits of vultures in India. *Ecol. Econ.*, **67**, 194–208.
- MacDiarmid S.C. (2001). – Risk analysis in aquatic animal health. *En Risk Analysis in Aquatic Animal Health* (C.J. Rodgers, ed.). Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París, 1–6.
- MacDiarmid S.C. (2003). – Risk analysis, international trade, and animal health. *En Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management* (V. Molak, ed.). CRC Lewis, Boca Raton, Florida, 377–387.
- MacDiarmid S.C. (ed.) (2011). – The spread of pathogens through international trade in animals and animal products. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **30** (1).
- MacDiarmid S.C. y Pharo H.J. (2003). – Risk analysis: assessment, management and communication. *En Veterinary Services: organisation, quality assurance and evaluation* (E. Correa Melo y F. Gerster, eds). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **22** (2), 397–408.
- McLean R.G. y Ubico S.R. (2007). – Arboviruses in birds. *En Infectious Diseases of Wild Birds* (N.J. Thomas, D.B. Hunter y C.T. Atkinson, eds). Blackwell Publishing, Ames, Iowa, 77–62.
- McMahon C., Gordon A.W., Edgar H.W.J., Hanna R.E.B., Brennan G.P. y Fairweather I. (2012). – The effects of climate change on ovine parasitic gastroenteritis determined using veterinary surveillance and meteorological data for Northern Ireland over the period 1999–2009. *Vet. Parasitol.*, **190** (1–2), 167–177.
- McMichael A.J. (2004). – Environmental and social influences on emerging infectious diseases: past, present and future. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, **359** (1447), 1049–1058.
- Markandya A., Taylor T., Longo A., Murty M.N., Murty S. y Dhavala K. (2008). – Counting the cost of vulture declines – an appraisal of the human health and other benefits of vultures in India. *Ecol. Econ.*, **67** (2), 194–204.
- Marsh W. (1999). – The economic of animal health in farmed livestock at the herd level. *En The economics of animal disease control* (B.D. Perry, ed.). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **18** (2), 357–366.
- Michel A.L., Coetzee M.L., Keet D.F., Mare L., Warren R., Cooper D., Bengis R.G., Kremer K. y van Helden P. (2009). – Molecular epidemiology of *Mycobacterium bovis* isolates from free ranging wildlife in South African game reserves. *Vet. Microbiol.*, **133**, 335–343.
- Mörner T., Obendorf D.L., Artois M. y Woodford M.H. (2002). – Surveillance and monitoring of wildlife diseases. *En Infectious diseases of wildlife: detection, diagnosis and management (Part One)* (R.G. Bengis, ed.). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **21** (1), 67–76.
- Morgan M.S. y Morrison M. (eds) (1999). – Models as mediators: perspectives on natural and social sciences. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cambridge, Cambridge, Reino Unido.
- Morrell V. (1999). – Are pathogens felling frogs? *Science*, **284**, 728–731.

- Mueller T., Olson K.A., Fuller T.K., Schaller G.B., Murray M.G., Bolortsetseg S. y Leimgruber P. (2008). – In search of forage: predicting dynamic habitats of Mongolian gazelles using satellite-based estimates of vegetation productivity. *J. Appl. Ecol.*, **45**, 649–658.
- Murata M., Masunaga S. y Nakanishi J. (2003). – Population level ecological risk assessment of planar polychlorinated aromatic hydrocarbons in great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) around Tokyo Bay, Japan. *Environ. Toxicol. Chem.*, **22** (10), 2508–2518.
- Murayama A., Gracia A.P., Reed D., Traylor-Holzer K., Jakob-Hoff R. y Miller P.S. (eds) (2006). – Tsushima Leopard Cat Conservation Planning Workshop. Grupo Especialista en Cría para la Conservación (SSC/IUCN), Apple Valley, Minnesota.
- Murray G., Hind-Lanoiselet T., Moore K., Simpfendorfer S. y Edwards J. (2006). – Primefact 408: Crop diseases after drought. New South Wales Departamento de Industrias Primarias. Disponible en: www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0004/123718/crop-diseases-after-drought.pdf
- Murray N., MacDiarmid S.C., Wooldridge M., Gummow B., Morley R.S., Weber S.E., Giovannini A. y Wilson D. (2004). – Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products, Volumen 2. Quantitative Risk Assessment. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París.
- Murray N., MacDiarmid S.C., Wooldridge M., Gummow B., Morley R.S., Weber S.E., Giovannini A. y Wilson W. (2010). – Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products, Volumen 2. Quantitative Risk Analysis, 2ª Ed. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) (2009). – Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi.
- Nease R.F. Jr y Owens D.K. (1997). – Use of influence diagrams to structure medical decisions. *Med. Decis. Making*, **17**, 263–275.
- Noordhuizen J.P.T.M. (2001). – Analysis techniques commonly used in economics. En *Applications of quantitative methods in veterinary epidemiology* (J.P.T.M. Noordhuizen, F. Frankena, M.V. Thrusfi eld y E.A.T. Graat, eds). Wageningen Press, Wageningen, Países Bajos, 351–357.
- North D.W. (1995). – Limitations, definitions, principles and methods of risk analysis. En *Risk assessment for veterinary biologicals* (E.G.S. Osborne y J.W. Glosser, eds). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **14** (4), 913–923.
- Nyamsuren D., Joly D.O., Enkhtuvshin S., Odonkhoo D., Olson K.A., Draisma M. y Karesh W.B. (2006). – Exposure of Mongolian gazelles (*Procapra gutturosa*) to foot and mouth disease virus. *J. Wildl. Dis.*, **42** (1), 154–158.
- Oaks J.L., Gilbert M., Virani M.Z., Watson R.T., Meteyer C.U., Rideout B.A., Shivaprasad H.L., Ahmed S., Chaudhry M.J.I., Arshad M., Mahmood S., Ali A. y Khan A.A. (2004). – Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. *Nature*, **427**, 630–633.
- Oberauer K. y Kliegl R. (2006). – A formal model of capacity limits in working memory. *J. Mem. Lang.*, **55**, 601–626.
- Olson K.A. (2007). – Mongolian Gazelle Conservation Plan. Informe interno no publicado. Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre, Bronx, Nueva York.
- Olson K.A., Mueller T., Bolortsetseg S., Leimgruber P., Fagan W.F. y Fuller T.K. (2009). – A mega-herd of more than 200,000 Mongolian gazelles *Procapra gutturosa*: a consequence of habitat quality. *Oryx*, **43** (1), 149–153.
- Olson K.A., Fuller T.K., Mueller T., Murray M.G., Nicolson C., Odonkhoo D., Bolortsetseg S. y Schaller G.B. (2010). – Annual movements of Mongolian gazelles: nomads in the Eastern Steppe. *J. Arid Environ.*, **74**, 1435–1442.
- Organización Mundial de la Salud (2000). – Fact Sheet No. 192: El Niño and its health impacts. *Weekly Epidemiological Record*, 1998, **73** (20): 148–152. Disponible en: www.who.int/inffs/en/fact192.html.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2010). – Vigilancia sanitaria de los animales terrestres. *En Código Sanitario para los Animales Terrestres*, 19ª Ed. OIE, París. Disponible en: www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2011). – Código sanitario para los Animales Terrestres, 20ª Ed. OIE, París. Disponible en: www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/.
- Ostfeld R.S., Glass G. E. y Keesing F. (2005). – Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends Ecol. Evol.*, **20**, 328–336.
- Paisley L.G. (2001). – A Monte Carlo simulation model for assessing the risk of the introduction of *Gyrodactylus salaris* to the Tana River, Norway: a second scenario. En *Risk Analysis in Aquatic Animal Health* (C.J. Rodgers, ed.). Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París, 185–192.
- Patel K., Lopez M., Roberts H. y M. Sabirovic M. (2009). – West Nile Virus: Potential Risk Factors and the Likelihood for the Introduction of the Disease into the United Kingdom, Versión 2, revisado el 24 de febrero de 2009. Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), Londres, Reino Unido.

- Pedersen K., Verdonck L., Austin B., Austin D.A., Blanch A.R., Grimont P.A.D., Jofre J., Koblavi S., Larsen J.L., Tiainen T., Vigneulle M. y Swings J. (1998). – Taxonomic evidence that *Vibrio carchariae* (Grimes *et al.* 1985) is a junior synonym of *Vibrio harveyi* (Johnson y Shunk 1936; Baumann *et al.* 1981). *Int. J. syst. Bacteriol.*, **48**, 749–758.
- Pharo H.J. y MacDiarmid S.C. (2001). – Quantitative analysis of the risk of disease introduction through the importation of salmon for human consumption. *En Risk Analysis in Aquatic Animal Health* (C.J. Rodgers, ed.). Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), París, 51–60.
- Pollino C. A., Woodberry O., Nicholson A. y Hart B.T. (2007). – Parameterisation and evaluation of a Bayesian network for use in an ecological risk assessment. *Environ. Modelling Software*, **22** (8), 1140–1152.
- Porphyre T., Stevensen M.A. y McKenzie J. (2008). – Risk factors for bovine tuberculosis in New Zealand cattle farms and their relationship with possum control strategies. *Prev. vet. Med.*, **86** (1–2), 93–106.
- Power M. y McCarty L.S. (2002). – Trends in the development of ecological risk assessment and management frameworks. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, **8** (1), 7–18.
- Rabinowitz P.M. y Conti L.A. (2010). – Human–Animal Medicine: Clinical Approaches to Zoonoses, Toxicants and Other Shared Health Risks. Saunders Elsevier, Philadelphia, Pennsylvania.
- Ricci P.F. (2006). – Causal models: influence diagrams, Bayesian networks, classification and regression trees. *En Environmental and Health Risk Assessment and Management: Principles and Practices* (P.F. Ricci, ed.). Springer, Houten, Países Bajos, 257–274.
- Risebro H., De Franca Doria M., Yip H. y Hunter P.R. (2005). – Intestinal illness through drinking water in Europe. *En Microrisk: Microbiological Risk Assessment: a scientific basis for managing drinking water safety from source to tap*.
- Robinson T.P. (2000). – Spatial statistics and geographical information systems in epidemiology and public health. *En Advances in Parasitology* (T.P. Rollinson y S.I. Hay, eds). Academic Press, Philadelphia, Pennsylvania, 81–128.
- Sainsbury A.W., Ewen J.G. y Armstrong D.P. (2012). – Methods of disease risk analysis for reintroduction. *En Reintroduction Biology: Integrating Science and Management* (J.G. Ewen, D.P. Armstrong, K.A. Parker y P.J. Seddon, eds). Wiley-Blackwell, Oxford, Reino Unido.
- Saito K.E., Sileo L., Green D.E., Meteyer C.U., McLaughlin G.S., Converse K.A. y Docherty D.E. (2007). – Raptor mortality due to West Nile virus in the United States, 2002. *J. Wildl. Dis.*, **43**, 206–213.
- Salman M.D., Stärk K.D.C. y Zepeda C. (2003). – Quality assurance applied to animal disease surveillance systems. *En Veterinary Services: organisation, quality assurance and evaluation* (E. Correa Melo y F. Gerster, eds). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **22** (2), 689–696.
- Sarnet J.M., Schnatter R. y Gibb H. (1998). – Invited commentary: epidemiology and risk assessment. *Am. J. Epidemiol.*, **148** (10), 929–936.
- Scriven M. (1991). – Evaluation Thesaurus, 4ª Ed. Sage Publications, Londres, Reino Unido.
- Sgrillo R.B., Moura J.I.L. y Sgrillo K.R.P.A. (2005). – Simulation model for phytomonas epidemics in coconut trees. *Neotrop. Entomol.*, **34** (4), 527–538.
- Sharp D. (2006). – Meloxicam to prevent rabies? *The Lancet*, **367**, 887–888.
- Shilegdamba E., Carpenter T.E., Perez A.M. y Thurmond M.C. (2008). – Temporal–spatial epidemiology of foot and mouth disease outbreaks in Mongolia 2000–2002. *Vet. Res. Commun.*, **32** (3), 201–207.
- Skerratt L.F., Berger L., Speare R. *et al.* (2007). – Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *Ecohealth*, **4** (2), 125–134.
- Smith K.F., Acevedo-Whitehouse K. y Pedersen A.B. (2009). – The role of infectious diseases in biological conservation. *Anim. Conserv.*, **12**, 1–12.
- Smith M.D., Warmolts D., Thoney D. y Hueter R. (eds) (2004). – The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives. Publicación especial del Ohio Biological Survey, Columbus, Ohio.
- Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS) (2009). – Best of the Wild: Wild Conservation Society and the Eastern Steppe of Mongolia. WCS Asia Program, Bronx, Nueva York, junio de 2009.
- Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS) (2010). – The Global Conservation Program: achievements and lessons learned from 10 years of support for threat-based conservation at a landscape and seascape scale. The Eastern Steppe Living Landscape (Mongolia). The Living Landscape Program, Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre, Bronx, Nueva York.
- Starr C. (1969). – Social benefits vs. technological benefits. *Science*, **165** (3899), 1232–1238.
- Stoskopf M.K. (1993). – Bacterial diseases of sharks. *En Fish Medicine* (M.K. Stoskopf, ed.). W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 774–776.

- Swan G., Naidoo V., Cuthbert R., Green R.E., Pain D.J., Swarup D., Prakash V., Taggart M., Bekker L., Das D., Diekmann J., Diekmann M., Killian E., Meharg A., Patra R.C., Saini M. y Wolter K. (2006). – Removing the threat of diclofenac to critically endangered Asian vultures. *PLoS Biology*, **4** (3), e66. doi: 10.1371/journal.pbio.0040066.
- Terrell S.P. (2004). – An introduction to viral, bacterial and fungal diseases of elasmobranchs. *En The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives* (M.D. Smith, D. Warmolts, D. Thoney y R. Hueter, eds). Publicación especial del Ohio Biological Survey, Columbus, Ohio, 427–431.
- Thomson G. (2011). – Current disease control policies and 'knowledge gaps' in the epidemiology of foot and mouth disease on Mongolia's eastern Steppe. Informe sobre de una consultoría realizada de parte de la Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre. Pretoria, Sudáfrica.
- Thrusfield M. (2005). *Veterinary Epidemiology*. Blackwell Science, Oxford, Reino Unido.
- Thrusfield M. (2007). – *Veterinary Epidemiology*, 3ª Ed. Blackwell Science, Oxford, Reino Unido.
- Thrush M.A., Murray A.G., Brun E., Wallace S. y Peeler E.J. (2011). – The application of risk and disease modelling to emerging freshwater diseases in wild aquatic animals. *Freshwater Biol.*, **56**, 658–675.
- Tompkins D.M., Dunn A.M., Smith M.J. y Telfer D. (2011) – Wildlife diseases: from individual to ecosystems. *J. anim. Ecol.*, **80**, 19–38.
- Towse J., Hitch G.J. y Hutton U. (2000). – On the interpretation of working memory span in adults. *Mem. Cogn.*, **28** (3), 341–348.
- Travis D.A., Watson R.P. y Tauer A. (2011). – The spread of pathogens through trade in wildlife. *En The spread of pathogens through international trade in animals and animal products* (S.C. MacDiarmid, ed.). *Rev. Cient. Técn.* **30** (1) 219–239.
- Tuckman B.W. (1965). – Developmental sequence in small groups. *Psychol. Bull.*, **63**, 384–399.
- Tuttle A.D., Burrus O., Burkart M.A., Scott P.W., Stoskopf M.K. y Harms C.A. (2008). – Three cases of gastric prolapse through the gill slit in sand tiger sharks, *Carcharhinus taurus* (Rafinesque). *J. Fish Dis.*, **31**, 311–315.
- Unwin S.J. y Travis D. (2009). – Notes on disease risk analysis for primate reintroduction programmes, Chester Zoo, y el informe no publicado del Grupo Especialista en Cría para la Conservación de la SSC de la UICN para la Pan African Sanctuaries Alliance (PASA). Persona de contacto: Steve Unwin (s.unwin@chesterzoo.org).
- US Food and Drug Administration (US FDA) (2002). – Initiation and conduct of all 'major' risk assessments within a risk analysis framework, Un informe del Grupo de Trabajo sobre Análisis del Riesgo del CFSA. Disponible en: www.fda.gov/food/foodscienceresearch/risksafetyassessment/ucm242929.htm.
- Vose D. (2000). – *Risk Analysis: A Quantitative Guide*, 2ª Ed. John Wiley, Chichester, Reino Unido.
- Walker S.F., Bosch J., James T.Y., Litvintseva A.P., Valls J.A.O., Pina S., Garcia G. y Rosa G.A. (2008). – Invasive pathogens threaten species recovery programs. *Curr. Biol.*, **18** (18), R853–R854.
- Walshe T. y Burgman M. (2010). – A framework for assessing and managing risks posed by emerging diseases. *Risk. Anal.*, **30** (2), 236–249. doi: 10.1111/j.1539-6924.2009.01305. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19878485 (consultado el 6 de enero de 2014).
- Weldon C., du Preez L.H., Hyatt A.D. Muller R. y Speare R. (2004). – Origin of the amphibian chytrid fungus. *Emerg. infect. Dis.*, **10** (12), 2100–2105.
- Westley F. y Vredenburg H. (1997). – Interorganizational collaboration and preservation of global biodiversity. *Organ. Sci.*, **8** (4), 381–403.
- Wobeser G.A. (1997). – *Diseases of Wild Waterfowl*, 2ª Ed. Plenum Press, Nueva York.
- Wobeser G.A. (2006). – *Essentials of Disease in Wild Animals*. Blackwell Publishing, Ames, Iowa.
- Woodford M.H. y Rossiter P.B. (1994). – Disease risks associated with wildlife translocation projects. *En Creative conservation: interactive management of wild and captive animals* (P.J.S. Olney, G.M. Mace y A.T.C. Feistner, eds). Chapman y Hall, Londres, Reino Unido, 178–200.
- Worthington R. y MacDiarmid S.C. (2011). – Import Risk Analysis: Zoo Primates from Australia, Canada, the European Union, USA and Singapore. MAF Biosecurity New Zealand, Wellington, Nueva Zelanda. Disponible en: <https://mpi.govt.nz/document-vault/2862>
- Yoshiharaa Yu., Chimeddorj B., Buuveibaatar B., Lhagvasuren B. y Takatsuki S. (2008). – Effects of livestock grazing on pollination on a steppe in eastern Mongolia. *Biol. Cons.*, **141** (9), 2376–2386.
- Zeller H.G. y Schuffenecker I. (2004). – West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, **23**, 147–156.

Glosario

D. Travis, S.C. MacDiarmid, D. Tompkins, B. Rideout y C. Lees

Este glosario se ha elaborado específicamente para este *Manual*. No tiene la función de estandarizar términos para poder emplearlos en cualquier ámbito relacionado con la gestión de la fauna silvestre, sino que está pensado para que los términos se utilicen de forma coherente a lo largo de todo el texto y para ayudar al lector a lograr una mejor comprensión general. Por ejemplo, las expresiones «análisis del riesgo» y «evaluación del riesgo» en ocasiones se usan indistintamente. En este *Manual* se ha aplicado el criterio de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) al entender por «evaluación del riesgo» un sub-componente del «análisis del riesgo». Los términos que están en cursiva están definidos en este glosario.

Agente patógeno	Agente que habita en la superficie o en el interior del hospedador a expensas del mismo causando <i>enfermedad</i> . Esta definición incluye tanto microorganismos (p. ej., bacterias, virus, etc.) como <i>organismos macroscópicos</i> (p. ej., helmintos o artrópodos).
Análisis del riesgo	Proceso que consiste en la descripción del problema, la <i>identificación del peligro</i> , la <i>evaluación del riesgo</i> , la <i>gestión del riesgo</i> y la <i>comunicación acerca del riesgo</i> .
Análisis del riesgo de enfermedad	Aplicación del <i>análisis del riesgo</i> para detectar enfermedades que puedan entrar en una población animal específica y determinar así la probabilidad de tales introducciones, valorar las consecuencias e identificar medidas que puedan aplicarse para mitigar la probabilidad de introducción o la magnitud de sus consecuencias.
Análisis de la sensibilidad	Técnica empleada en el modelado informático para cuantificar el cambio proporcional que se observa en el resultado del <i>modelo</i> como función de los cambios proporcionales que se producen en el valor de cualquier parámetro que se entre en el <i>modelo</i> . Así, puede evaluarse directamente la «importancia» comparativa que tiene cada parámetro introducido en el <i>modelo</i> en cuanto a su contribución al rendimiento del <i>modelo</i> .
Comunicación acerca del riesgo	Intercambio de información y opiniones entre asesores, evaluadores, comunicadores y el público general durante el proceso de <i>análisis del riesgo</i> respecto al riesgo, a los factores del riesgo y a su percepción.
Confinamiento	Mantenimiento en instalaciones no consideradas de <i>bioseguridad</i> con un propósito diferente al de impedir que los animales contraigan la enfermedad o que propaguen <i>agentes patógenos</i> (véase <i>cuarentena</i>).
Contaminación patógena	Salida artificial (antropogénica) de agentes patógenos de su área de distribución natural o de su tipo de hospedadores.
Cuarentena	Aislamiento y observación en un <i>entorno bioprotegido</i> y durante un periodo de tiempo específico para intentar detectar y tratar <i>enfermedades</i> de interés y para prevenir nuevas exposiciones a <i>agentes patógenos</i> de interés.
Ecosistema	Conjunto de organismos y de su medio físico considerados un sistema de relaciones interactivas e interdependientes.

Endémico	Enfermedad o <i>agente patógeno</i> cuya <i>prevalencia</i> no presenta importantes fluctuaciones a lo largo del tiempo en un lugar determinado. En ocasiones se utiliza el término «enzoótico» para hacer referencia a poblaciones no humanas.
Enfermedad	Cualquier alteración del estado fisiológico o estructural normal de un organismo vivo que derive de su respuesta fisiológica a un <i>peligro</i> .
Enfermedad contagiosa	<i>Enfermedades</i> causadas por un <i>agente patógeno</i> que se contrae de forma directa o indirecta a partir de otros hospedadores sin que intervenga un <i>vector</i> (se considera parte de las <i>enfermedades transmisibles</i> ; todas las <i>enfermedades contagiosas</i> son transmisibles, pero no todas las <i>enfermedades transmisibles</i> son contagiosas).
Enfermedad infecciosa	Conjunto de efectos debilitantes producidos por una <i>infección</i> o por una <i>infestación parasitaria</i> . Un <i>hospedador</i> puede estar infectado pero no presentar ningún <i>signo clínico</i> de <i>enfermedad</i> .
Epidémico	Rápida y repentina propagación o aumento de la <i>prevalencia</i> o <i>intensidad</i> de un <i>agente patógeno</i> o una <i>enfermedad</i> . Una <i>epidemia</i> es a menudo el resultado de un cambio en las circunstancias que favorecen la <i>transmisión</i> del agente, como un incremento agudo en la densidad de población de <i>hospedadores</i> o la introducción de un nuevo agente etiológico. Conocer el estado inicial de la población es fundamental para detectar <i>epidemias</i> . En ocasiones, se aplica el término «epizoótico» para hacer referencia a poblaciones no humanas.
Estimación del riesgo	Proceso de integración de los resultados obtenidos en la <i>evaluación de la liberación</i> , la <i>evaluación de la exposición</i> y la <i>evaluación de las consecuencias</i> para obtener mediciones generales del riesgo asociado a los <i>peligros</i> definidos al principio.
Evaluación del riesgo	Evaluación de la probabilidad y de las consecuencias de la entrada, establecimiento y diseminación de un <i>agente patógeno</i> en una población animal determinada o en el medio ambiente.
Evaluación de la exposición	Proceso de descripción de las vías biológicas necesarias para la exposición de animales y humanos de un entorno determinado al <i>peligro</i> en cuestión (en este caso, al <i>agente patógeno</i>) liberado de una fuente de riesgo dada, así como de estimación de la probabilidad de que se produzca tal exposición, por medios cualitativos o cuantitativos.
Evaluación de la liberación	Proceso de descripción de las posibles vías biológicas necesarias para que una actividad concreta «libere» (es decir, introduzca) <i>peligros</i> en un medio o <i>ecosistema</i> concretos, así como de estimación de la probabilidad, por medios cualitativos o cuantitativos, de que se produzca tal actividad.
Evaluación de las consecuencias	Proceso de descripción de la relación entre la exposición a un peligro y las consecuencias de tal exposición. Ha de existir un proceso causal por el que la exposición desencadena consecuencias sanitarias o medioambientales adversas, que, a su vez, pueden conducir a consecuencias socioeconómicas o para la conservación. La <i>evaluación de las consecuencias</i> describe las consecuencias de una exposición dada y estima la probabilidad de que estas ocurran.
Evaluación del riesgo cualitativa	Evaluación del riesgo en la cual la probabilidad de un resultado o la magnitud de las consecuencias se expresan en términos cualitativos, como alta, media, baja o insignificante.
Evaluación del riesgo cuantitativa	Evaluación en la cual los resultados se expresan en valores numéricos.
Exótico	En lo relativo a la enfermedad, un <i>agente patógeno</i> que, por lo que se sabe, no se encuentra en una determinada localización geográfica.

Factor de riesgo	Factor que se asocia a un aumento de la probabilidad de que un determinado suceso se desencadene (p. ej., <i>enfermedad</i> , reducción de la fecundidad, mortalidad, etc.).
Fauna silvestre	Animales cuyo fenotipo no ha alterado la mano del hombre y que viven independientes de controles o supervisiones humanas.
Fómite	Cualquier objeto inanimado capaz de albergar <i>agentes patógenos</i> y, por lo tanto, intervenir en la <i>transmisión</i> de los mismos.
Gestión del riesgo	Proceso de identificación, elección e implementación de medidas que puedan aplicarse para reducir el nivel de <i>riesgo</i> .
Hospedador	Animal capaz de albergar un <i>agente patógeno</i> sin importar si interviene o no en la <i>transmisión</i> del mismo.
Identificación del peligro	Proceso de identificación del agente patógeno o peligroso que pueda llegar a introducirse en una población animal específica o en el medio ambiente debido a la actividad para la cual se identifica.
Incertidumbre	Ausencia de conocimiento preciso de los valores iniciales, que se debe a un error en las mediciones o a una falta de conocimiento de los pasos necesarios, y de las vías que van del peligro al riesgo cuando se crea la situación que se está valorando.
Incidencia	Número de nuevos episodios sanitarios (<i>infección</i> , <i>enfermedad</i> , etc.) sufridos por una población en el transcurso de un periodo de tiempo concreto (diferenciar de <i>prevalencia</i> , el número total de sucesos de una población en un momento determinado, tanto nuevos como antiguos).
Infección	Entrada y desarrollo o multiplicación de un <i>agente patógeno</i> en el cuerpo de un <i>hospedador</i> , donde puede causar <i>enfermedad</i> o no (véase <i>infestación</i>).
Infección latente	<i>Infección subclínica</i> en la cual el <i>agente patógeno</i> se encuentra en estado silente pero puede activarse y causar enfermedad o ser transmitido en el futuro.
Infección subclínica	<i>Infección</i> que no desencadena <i>signos clínicos</i> .
Infestación	Persistencia de <i>macroparásitos</i> en la superficie externa de un <i>hospedador</i> sin importar si causa o no <i>enfermedad</i> .
Intensidad	Número medio de <i>agentes patógenos</i> presentes en los individuos infectados de la población <i>hospedadora</i> (en ocasiones, este término puede usarse de forma diferente carga media de <i>agentes patógenos</i> en el conjunto de la población. Es importante diferenciar entre ambos usos).
Interdisciplinario	Trabajo colaborativo para el estudio de un tema o problema en el que se integran los puntos de vista de diferentes disciplinas con el fin de conectar los nuevos conocimientos y la mejora de la comprensión con experiencias reales.
Modelo	En el ámbito del ARE, los gráficos o representaciones informáticas de un sistema real que se emplean para la predicción de las dinámicas e impactos de las <i>enfermedades</i> , y el efecto de las medidas de gestión que se aplican ante tales dinámicas e impactos.
Objetividad	Tener en cuenta o representar hechos, información, etc. sin que influyan opiniones ni posturas personales.
Organismos macroscópicos	<i>Agentes patógenos</i> que generalmente no se multiplican en el hospedador sino que producen estados intermedios de <i>transmisión</i> (huevos y larvas) que pasan al medio externo (p. ej., los helmintos y artrópodos). Los organismos macroscópicos pueden detectarse a simple vista.

Parásito	Agente que vive en la superficie o en el interior de un hospedador y que sobrevive a expensas del hospedador tanto si le causa enfermedad como si no. Esta definición incluye tanto a los microparásitos (como las bacterias o los virus) como a los macroparásitos (como los helmintos o los artrópodos).
Patogenicidad	Grado en el que un <i>parásito</i> tiende a causar <i>enfermedad</i> en su <i>hospedador</i> , así como la gravedad de la <i>enfermedad</i> causada.
Peligro	Cualquier agente biológico, químico o físico o condición de un animal o producto de origen animal que pueda causar un efecto adverso en la salud. Véase también <i>enfermedad</i> .
Periodo de incubación	Periodo de tiempo que transcurre entre la <i>infección</i> y el inicio de la <i>enfermedad</i> .
Periodo infeccioso	Periodo de tiempo durante el cual el individuo infectado puede transmitir la <i>infección</i> .
Periodo de latencia	Periodo de tiempo durante el cual el individuo está infectado pero aún no puede transmitir la <i>infección</i> .
Prevalencia	Proporción de la población de hospedadores con <i>infección</i> , <i>enfermedad</i> o <i>anticuerpos</i> , que suele expresarse como un porcentaje. Es una medida del grado de propagación de una <i>infección</i> , <i>enfermedad</i> o exposición a un agente infeccioso en un momento determinado.
Prueba de detección	Cualquier procedimiento cuyo fin sea la identificación de individuos de una población que sufren <i>infección subclínica</i> , destinado a tomar medidas a tal efecto (véase <i>prueba de diagnóstico</i>).
Prueba de diagnóstico	Cualquier procedimiento realizado con el fin de identificar la causa o naturaleza de una <i>enfermedad</i> (véase <i>prueba de detección</i>).
Reservorio	Cualquier objeto animado (humanos, animales, insectos, etc.) o inanimado (plantas, tierra, heces, etc.) o la combinación de los mismos que sirva de hábitat a un <i>agente patógeno</i> que se reproduzca en aquellos de tal forma que pueda transmitirse a un <i>hospedador</i> susceptible.
Riesgo	Probabilidad de que se produzca un suceso adverso o efecto negativo para la sanidad animal o humana, así como la magnitud probable de sus consecuencias (biológicas, económicas, etc., según se establezca en una pregunta específica de un <i>análisis del riesgo</i>).
Riesgo aceptable	Nivel de <i>riesgo</i> con una probabilidad de aparición o de consecuencias tan bajas en comparación con las ventajas esperables que las partes interesadas estén dispuestas a aceptar.
Robusto	En el contexto del <i>análisis del riesgo de enfermedad</i> , aquello que tiene una base científica e intelectual sólida.
Seguimiento	Análisis y ejecución intermitentes de las mediciones y observaciones sistemáticas para detectar cambios medioambientales o del estado sanitario de una población.
Signo clínico	Alteración física o comportamental que un individuo expresa cuando padece una <i>enfermedad</i> .
Transmisión	Proceso por el cual un <i>agente patógeno</i> pasa de una fuente de <i>infección</i> a un nuevo hospedador.

Transparencia	En el contexto del <i>análisis del riesgo de enfermedad</i> , documentación exhaustiva de todos los datos, información, supuestos, métodos, resultados, debates y conclusiones empleados en el <i>análisis del riesgo</i> . Las conclusiones deben estar siempre respaldadas por un debate lógico y con <i>objetividad</i> , y el documento debe incluir las referencias correspondientes.
Vacunación	Uso de vacunas para estimular la producción de anticuerpos para la prevención de ciertas enfermedades.
Valor predictivo	Se usa para describir la capacidad de una <i>prueba de diagnóstico</i> de determinar correctamente qué individuos están infectados y cuáles no dentro de una población. Un <i>valor predictivo</i> positivo es la proporción de individuos con resultado positivo y que realmente se encuentran infectados. El <i>valor predictivo</i> negativo es la proporción de individuos con resultado negativo y que no se encuentran infectados.
Valoración del riesgo	Proceso de comparación del riesgo estimado en la <i>evaluación del riesgo</i> con el nivel de riesgo aceptable, que se establece a partir de la consulta con las partes interesadas.
Variabilidad	Complejidad de una situación real en la cual el valor de un parámetro no es siempre el mismo debido a fluctuaciones entre individuos, poblaciones y especies en el espacio y en el tiempo.
Vector	Insecto o cualquier otro portador vivo que transporte un agente infeccioso de un individuo infectado a uno susceptible o a su alimento o entorno inmediato. El organismo puede desarrollarse o no en el <i>vector</i> .
Vigilancia	Recopilación, organización y análisis sistemáticos de información relacionada con la sanidad animal, así como la difusión oportuna de esta información a quienes la necesitan para la toma de decisiones.
Zoonosis	<i>Enfermedad</i> que se puede transmitir entre humanos y otros vertebrados.



UNIÓN INTERNACIONAL
PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

SEDE MUNDIAL
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Suiza
mail@iucn.org
Tel +41 22 999 0000
Fax +41 22 999 0002
www.iucn.org

Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre

Co-publicado por: la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE)
y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

El *Manual de Procedimientos para el Análisis del Riesgo de Enfermedad en Fauna Silvestre de la OIE-UICN* constituye una guía práctica que resultará útil para el creciente y variado abanico de profesionales que intervienen en la evaluación y la gestión de las situaciones de riesgo de enfermedad relacionadas con la fauna silvestre.

Firman este manual de procedimientos 22 especialistas en ecología, epidemiología, análisis del riesgo, elaboración de modelos, vigilancia sanitaria y diagnóstico de las enfermedades de los animales salvajes, gestión de la fauna salvaje, investigación, enseñanza y planes de protección. Todos esos autores han puesto en común sus conocimientos y experiencia para crear herramientas y procesos de análisis del riesgo sanitario en la fauna salvaje que fueran no sólo punteros, sino también accesibles para un público numeroso de todo el mundo, con el objetivo último de que la mejora de los procesos decisorios se traduzca en la existencia de ecosistemas sanos.



ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL
Proteger a los animales, preservar nuestro futuro