

El estudio de la salud de la fauna silvestre

**Teoría y práctica transdisciplinaria
para la conservación con ejemplos
para Latinoamérica**

El estudio de la salud de la fauna silvestre

**Teoría y práctica transdisciplinaria
para la conservación con ejemplos
para Latinoamérica**

FERNANDO NASSAR-MONTOYA
VICTORIA PEREIRA-BENGOA
2013

El estudio de la salud de la fauna silvestre
Teoría y práctica transdisciplinaria para
la conservación con ejemplos para Latinoamérica

© FERNANDO NASSAR-MONTOYA

© VICTORIA PEREIRA-BENGOA

Editorial:

Consejo Profesional de Medicina Veterinaria
y de Zootecnia de Colombia - COMVEZCOL

Primera edición, Bogotá 2013
300 ejemplares

ISBN: 978-958-57022-2-6

**Corrección de estilo, diseño, diagramación
e impresión**

Charlie's Impresores Ltda.
charlies_impresores@yahoo.com

Proyecto patrocinado por

El Consejo Profesional de Medicina Veterinaria
y de Zootecnia de Colombia - COMVEZCOL

Con el auspicio de

La Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias

Calle 101 No. 71A-52, Bogotá, D.C., Colombia
Telefax: 643 4135 - 226 6741 - 226 6722
www.comvezcol.org - consejo@comvezcol.org
academia@comvezcol.org

Las ideas expuestas en este libro son responsabilidad
exclusiva de los autores.

A nuestros padres, hijos, tíos y tías que nos apoyaron.

*A el Consejo Profesional de Medicina Veterinaria
y de Zootecnia de Colombia - COMVEZCOL
por el patrocinio*

**“La inseguridad científica no debería ser utilizada
como una razón para faltar en actuar según el mejor interés
de la conservación de las especies”**

*Principio de precaución adoptado por muchos acuerdos internacionales, incluyendo
CITES (Conferencia 9.24, Criterios para la Enmienda de los Apéndices I y II)*

Contenido

Abreviaturas empleadas en el libro	21
Presentación	22
Prefacio	23
Capítulo 1	27
SALUD Y CONSERVACIÓN	27
LA CRISIS AMBIENTAL	29
PÉRDIDA DE LOS HÁBITATS	32
Deforestación	32
Fragmentación e intervención	33
Trampa ecológica	34
CONTAMINACIÓN	34
Contaminación y la vida silvestre en Colombia	36
INVASIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS	37
USO NO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS	42
Presión por el consumo de subsistencia	42
Comercio legal e ilegal de fauna	43
CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES	46
Temperatura y precipitación	47
Radiación	48
Información sobre el clima y cambio climático en Colombia	48
DINÁMICA Y EMERSIÓN DE ENFERMEDADES	48
EL CONCEPTO DE LA SALUD EN LA CONSERVACIÓN	52
Aproximación a la salud de la fauna	52
La integración de la medicina a las acciones para la conservación	61

El problema de la causalidad en la salud de la fauna	63
De la teoría a la práctica en la integración de la medicina a la conservación	65
Capítulo 2	69
EL ESTUDIO DE LA SALUD EN NIVELES	69
FORTALEZAS Y BARRERAS PARA EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA	71
El valioso conocimiento segmentado	71
Integración del conocimiento	72
El consenso ético	74
La bioseguridad	88
DISEÑO DEL ESTUDIO DE LA FAUNA POR NIVELES	93
Comprensión de las responsabilidades en el estudio de la fauna	93
El equilibrio dentro del estudio	97
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	110
Procedimientos	110
Pruebas estadísticas	112
Modelos	113
Herramientas para el análisis de riesgo	114
APLICACIONES DEL DISEÑO DE ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA	120
Planeación de programas de investigación en salud de la fauna	120
Estudios de impacto ambiental	125
Proyectos de rehabilitación y liberación de fauna	128
Proyectos traslocación de fauna	130
Capítulo 3	131
EL HÁBITAT	131
LA SALUD Y EL ESTUDIO DEL HÁBITAT	133
CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA LOCAL SOBRE LA FAUNA Y SUS ECOSISTEMAS	137
Aproximación a las actividades humanas y el uso de los ecosistemas	137
Identificación de los planes de organización territorial y planes de manejo ambiental locales	140
Identificación de programas de salud animal y salud pública	141
ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HÁBITAT	143
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	153

Sistemas de posicionamiento global (GPS)	153
Imágenes	156
Planos	156
Fotografías	158
Imágenes satelitales	159
MONITOREO DEL ESTADO DEL TIEMPO Y CLIMA	160
Información meteorológica y climática	160
Climatogramas	161
Medición meteorológica en el sitio de estudio	162
COMPONENTES TÓXICOS	165
Investigación toxicológica forense de eventos en fauna	166
Ecotoxicología del comportamiento	167
Capítulo 4	169
COMUNIDADES Y POBLACIONES	169
POBLACIONES Y COMUNIDADES	171
LAS COMUNIDADES DE PARÁSITOS	176
Microparásitos y macroparásitos	181
INVERTEBRADOS: VECTORES Y ALIMENTO	189
Captura de invertebrados: vectores y alimento	191
COMUNIDADES DE FAUNA NO PARASITARIA	193
Evaluación de la comunidad	193
Utilización de especies focales en el estudio de la salud de la fauna	195
Inventarios y censos	195
Avistamiento	196
Captura de animales	196
EVALUACIÓN DE ESTRÉS EN LA POBLACIÓN O COMUNIDAD: ASIMETRÍA FLUCTUANTE (AF)	196
METAGENÓMICA	199
Capítulo 5	201
INDIVIDUOS	201
EL ANIMAL	203
¿Debe o no importar en el muestreo?	203
Selección de la especie y muestreo: ¿oportunidad vs. necesidad?	206

BIENESTAR Y COMPORTAMIENTO EN EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA	208
Restricción ambiental: alteración de la conducta, frustración y aburrimiento	210
Trastornos cualitativos del comportamiento	211
Trastornos cuantitativos del comportamiento	212
EL ESTRÉS	212
APLICACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA	215
Medición del comportamiento para la evaluación de la salud	216
Procesos preliminares: conociendo las posibilidades y limitaciones	216
Los objetivos	218
Métodos de observación	218
CAPTURA DE ANIMALES	236
Reptiles	236
Voladores (quirópteros y aves): redes de niebla	237
Trampas para aves acuáticas	237
Trampas mamíferos terrestres	238
Restricción física	238
Dardos y restricción química	238
Marcaje	240
DIAGNÓSTICO CLÍNICO	241
Hematología y química sanguínea	241
Pruebas inmunológicas	242
Muestras para parasitología y microbiología	250
Referencias citadas	253

Índice de Figuras

Figura 1. Propuestas gubernamentales para la reutilización de las tierras colombianas a partir de su vocación y uso (millones de Has). A. Gobierno Álvaro Uribe, B. Gobierno Juan Manuel Santos. Modificado de Arias-Leyva (2007) y Departamento Nacional de Planeación (2011).	31
Figura 2. Organización jerárquica tradicional y propuesta holárquica actual por parte de diferentes corrientes para la integración de la salud animal, humana y ecosistémica.	56
Figura 3. Algunas probabilidades de aplicación del concepto de la salud de la fauna a partir de tres arreglos de la salud (salud tradicional, Una Salud y Medicina de la Conservación) analizados con la ayuda de diagramas de Euler	58
Figura 4. La salud ecológica puede visualizarse como el resultado de la interacción de tres dimensiones: conocimiento (académico y tradicional), humana y ambiental.	59
Figura 5. Elementos de la salud de acuerdo con la dimensión y organización de la vida.	60
Figura 6. Integración de los niveles de organización en la medición de la salud de la fauna en un ecosistema. Las actividades antrópicas pueden alterar la estructura y función en los diferentes niveles.	61
Figura 7. Posibles interacciones entre causas componentes y sus relaciones a partir del modelo multicausal de la producción de una enfermedad de Rothman y Greenland. Modificada de Rothman & Greenland 2005.	65
Figura 8. Ordenamiento de las motivaciones para el estudio de la fauna, de acuerdo con el valor que representa el animal para el objetivo de estudio.	67
Figura 9. Aproximación unidisciplinaria a los diferentes elementos y relaciones del ecosistema, que deriva en la generación de conocimiento segmentado que puede compartirse de manera limitada según las intereses y necesidades individuales.	72
Figura 10. Modelos de trabajo grupal transdisciplinario e interdisciplinario. Estos no son excluyentes, la aplicación de uno u otro depende de la capacidad de comprensión, los intereses, recursos, necesidades y objetivos.	73
Figura 11. Efecto de la forma de negociación durante la aproximación a una problemática en grupos interdisciplinarios.	75

- Figura 12.** Diagrama que muestra el peso que debe tener el bienestar del animal en los estudios y acciones para la conservación y salud pública. El área oscura representa los procedimientos que no se deberían llevar a cabo debido a que involucran impacto inaceptable sobre el bienestar animal o porque representan bajo beneficio para la conservación. Modificado de Martin & Bateson (1986). 85
- Figura 13.** Paradoja del rehabilitador de fauna decomisada por las fuerzas opuestas creadas por los intereses humanitarios y de conservación con respecto a la liberación de animales en el medio natural. Fuente: F. Nassar-Montoya. 87
- Figura 14.** Visualización de las relaciones entre el agente, el ambiente y el animal, en el estudio de la salud de la fauna. 97
- Figura 15.** Diagramación del ecosistema (E) como un conjunto compuesto por la fauna (F) y otros elementos bióticos y abióticos (FC). F se compone a su vez de Agentes (A), Huéspedes (H) y vectores (V). 98
- Figura 16.** Representación del ecosistema (E) según las relaciones entre Huésped (H), Agente (A) y Vector (V). De acuerdo a la distribución de los agentes (a) en forma libre, en H y en V. En la figura 16-2 se representa el mismo conjunto considerando múltiples especies de huéspedes, agentes y vectores. 99
- Figura 17.** Visualización en una isla de los elementos que componen el sistema de defensa inespecífico del ecosistema contra especies exógenas invasoras (parásitas y no parásitas). 102
- Figura 18.** Diagrama de relaciones del estudio para la salud en tres niveles: hábitat, población e individuo. 105
- Figura 19.** Diagrama conceptual que muestra un método para la identificación de variables y relaciones en el estudio de la salud de la fauna. Los niveles de muestreo son individuo (animal, vector, parásito), población (animal, vector, parásito) y hábitat. 106
- Figura 20.** Representación esquemática del ciclo conceptual del modelo de estudio de la salud de la fauna. 108
- Figura 21.** Diseño del programa del Centro Araguatos para evaluar la salud de las poblaciones de primates en Colombia. Tomado de Nassar-Montoya *et al.* (2003). 124
- Figura 22.** Diseño del monitoreo para evaluar el impacto sobre la fauna de una explotación minera. 126
- Figura 23.** Eventos que podrían desencadenarse por efecto del ruido antropogénico en anuros y que derivan en el trastorno del bienestar individual y de la población y comunidad de anfibios. 127
- Figura 24.** Diseño de un proyecto de rehabilitación y liberación de un grupo de maiceros cariblanco (*Cebus albifrons*) decomisados. 129
- Figura 25.** Triada epidemiológica básica que representa el estado de salud como el equilibrio entre el huésped, agente y ambiente: por lo general, hay sesgo debido a que el huésped es el foco del interés. 133

Figura 26. Visualización de la triada epidemiológica desde el punto de vista de la salud de la fauna y sus ecosistemas. Aunque el foco de interés es la fauna, ésta se visualiza como componente del ecosistema.	135
Figura 27. Transformación de sabanas de los Llanos Orientales de Colombia por áreas de cultivos permanentes y transitorios.	138
Figura 28. Aplicación del estudio de la fauna en tres niveles en la implementación de los planes de ordenamiento territorial y manejo ambiental	141
Figura 29. Variables medibles en el hábitat que influyen sobre el bienestar animal en vida silvestre, de acuerdo a las cinco libertades.	144
Figura 30. Efecto de la modificación del hábitat sobre los movimientos animales. Adaptada de Hobbs, Reid, Galvin & Ellis (2007).	152
Figura 31. Localización de los parches de bosque de origen y el punto de liberación de un grupo de monos traslocados.	157
Figura 32. Creación de un plano a partir de los puntos registrados en los dos parches de bosque que se resaltan en la figura anterior. Éste tiene la suficiente resolución para localizar puntos geográficos marcados en el GPS. Fuente: Centro Araguatos.	158
Figura 33. Imagen de Google Earth para visualizar espacialmente las presiones sobre la fauna en un lugar intensos cambios en el uso de la tierra; Llanos Orientales, Colombia.	159
Figura 34. Ejemplo de un climatograma que muestra la temperatura media del aire y la precipitación mensual.	161
Figura 35. Comparación de los registros de la temperatura del aire en dos estaciones meteorológicas (E1 y E2) cercanas (10 Kilómetros de distancia).	162
Figura 36. Registro simultáneo de la temperatura (°C) del aire (máxima y mínima) a 5 y 10 m. de altura, en un bosque de galería.	163
Figura 37. Registro de humedad en dos estratos del bosque en los Llanos Orientales de Colombia.	164
Figura 38. Representación de los niveles de organización de la vida que componen el ecosistema.	172
Figura 39. Comunicación mediante la movilización de animales de dos poblaciones distribuidas en ecosistemas diferentes.	173
Figura 40. Las poblaciones y comunidades animales y parasitarias se interrelacionan formando una compleja red global que incluye ecosistemas terrestres y acuáticos.	175
Figura 41. Relación de las comunidades bióticas con la fauna en el ecosistema.	175
Figura 42. Percepción de la diversidad parasitaria para la salud de acuerdo a la medicina veterinaria y la ecología.	180
Figura 43. Ilustración a partir de la fiebre amarilla selvática de cómo las características de los microparásitos determinan las dinámicas copoblacionales (parásitos y huéspedes).	183

Figura 44. Relación parásito-vector-huésped en el hábitat natural de una especie vertebrada.	191
Figura 45. Trampa CDC de construcción artesanal utilizada en el Centro Araguatos.	192
Figura 46. Modelos de trampa Malaise para la captura de artrópodos voladores. A y B: piso, C: dosel.	193
Figura 47. Ejemplo de cómo se pueden hacer asociaciones a partir de la identificación y caracterización de los impactos ambientales con las amenazas para la salud de los animales en el lugar, para identificar variables y relaciones de evaluación.	205
Figura 48. Utilización de las reglas para el muestreo y registro de la observación del comportamiento. Nota: Las figuras representan animales.	220
Figura 49. Parche de bosque donde se localizaba el grupo de monos aulladores observado.	221
Figura 50. Composición de la población de monos aulladores en dos parches de bosque en la Guajira, Colombia. El grupo 1 se movilizó en ambos parches.	221
Figura 51. Diagrama de actividades de monos aulladores localizados en dos parches de bosque en el Caribe colombiano en comparación con otros diagramas reportados para la especie en los Andes y la Amazonía. Fuente: * Centro Araguatos (sin publicar); ** Martínez-Gómez et al. (2010).	222
Figura 52. Diagrama de actividades de monos aulladores localizados en dos parches de bosque en el Caribe colombiano. Fuente: Centro Araguatos (sin publicar).	223
Figura 53. Correlación de Reposo con el conteo diferencial de linfocitos y neutrófilos y su relación (radio N/L) en monos aulladores localizados en parches de bosque.	224
Figura 54. Diseño para la evaluación de la respuesta de un grupo de animales a la manipulación de las condiciones ambientales durante un programa de rehabilitación y liberación. Fuente: Centro Araguatos. (C. Clavijo, 2005).	228
Figura 55. Ejemplo de organización de las interacciones de dominancia en matrices para la organización e interpretación de los datos y la estimación y diagramación del Índice de Dominancia.	229
Figura 56. Matriz y sociograma realizado a partir de los índices de asociación registrados durante las observaciones del comportamiento social en un grupo de maiceros en rehabilitación. Adaptado de Carolina Clavijo, Centro Araguatos.	231
Figura 57. Ejemplo de la alteración de la alimentación de la fauna por la modificación de la fuente misma y/o la restricción de las rutas utilizadas por una o varias especies a la fuente alimenticia, en esta caso, a partir de la construcción de una carretera.	235
Figura 58. Modelo de trampa para la captura de aves acuáticas	237
Figura 59. Mono aullador identificado con collar de telemetría y chip.	241

Índice de tablas

Tabla 1. Comportamiento de las áreas boscosas en Latinoamérica y el Caribe en relación con el mundo.	32
Tabla 2. El estado de los biomas de Colombia y anotaciones sobre las amenazas actuales.	33
Tabla 3. Especies exóticas invasoras prioritarias para manejo en Colombia de acuerdo con el listado del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2008) y (2010) y las resoluciones 848 de 2008 y 207 de 2010 del MAVDT.	39
Tabla 4. Interpretación práctica de las condiciones e implicaciones de los protocolos para la disposición de animales confiscados en Colombia del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, sin fecha).	45
Tabla 5. Enfermedades parasitarias que se han asociado con el declive o extinción de poblaciones silvestres o con eventos de extinción de especies.	49
Tabla 6. Importancia del estudio en fauna silvestre de algunas enfermedades en Colombia, según sus potenciales efectos sobre la conservación y la economía y/o salud pública.	53
Tabla 7. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 1.	68
Tabla 8. Ejemplo para la aplicación de las cinco libertades en el concepto de bienestar de la fauna silvestre en los ecosistemas naturales que se encuentren bajo presión antropogénica.	77
Tabla 9. Patógenos que podrían ser de importancia para las personas trabajando en el campo en el neotrópico, por el riesgo que representan para su salud o por poder actuar cómo transmisores para otras poblaciones animales.	89
Tabla 10. Descripción de las defensas del ecosistema mediante una analogía con los sistemas de defensa del organismo.	101
Tabla 11. Características que se sugiere debería tener un parásito exitoso como parte del sistema de defensa del ecosistema natural.	103
Tabla 12. Algunas herramientas de evaluación de riesgo reportadas en fauna silvestre y/o empleadas en ciclos selváticos de enfermedades.	115

Tabla 13. Pasos realizados en la definición del programa para el estudio de la salud de las poblaciones de primates en Colombia.	123
Tabla 14. Comparación de métodos de censado y monitoreo de la salud en aves. Modificado de Ralph <i>et al.</i> 1996.	125
Tabla 15. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 2	130
Tabla 16. Sistemas oficiales de información agropecuaria de algunos países latinoamericanos.	139
Tabla 17. Algunas entidades que tienen información sobre la salud animal y pública en Latinoamérica.	142
Tabla 18. Observaciones cualitativas realizadas durante dos años en un monitoreo de fauna para evaluar los efectos de la intervención humana sobre la integridad y comunicación de un parche de bosque. Fuente: Centro Araguatos.	145
Tabla 19. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 3.	167
Tabla 20. Revisiones de literatura en varias áreas del conocimiento, sobre los conceptos patogenicidad y virulencia.	178
Tabla 21. Características de los microparásitos y macroparásitos de acuerdo con Hudson <i>et al.</i> 2002, Poulin 2011.	182
Tabla 22. Características de los virus, viroides y priones.	186
Tabla 23. Muestra en diferentes grupos animales para medir la Asimetría Fluctuante en poblaciones silvestres.	197
Tabla 24. Análisis de la calidad y adecuación de muestra para la evaluación de AF en tres especies. Centro Araguatos.	197
Tabla 25. Análisis de Asimetría en huesos largos en tres especies (ave, reptil y anuro). Fuente: Centro Araguatos.	198
Tabla 26. Magnitud de la variación entre los huesos largos de las tres especies estudiadas (ave, reptil y anuro). Fuente: Centro Araguatos.	199
Tabla 27. Subniveles de estudio en el animal y sus implicaciones prácticas para el trabajo de campo.	206
Tabla 28. Esfuerzo de captura, capturas y éxito de captura de pequeños -medianos mamíferos (trampas Sherman y Tomahawk) y murciélagos (redes de niebla) en siete sitios de muestreo en bosque seco tropical, Colombia.	209
Tabla 29. Estresores para la fauna en cautiverio y sus equivalentes en vida silvestre.	215
Tabla 30. Programas para la estimación del espacio vital y movimientos animales.	226
Tabla 31. Inmovilizantes utilizados en especies silvestres, con anotaciones para Colombia.	240

Abreviaturas empleadas en el libro

ABO:	Asociación Bogotana de Ornitología
ADN:	Ácido Desoxirribonucleico
CICAD:	Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas
DAMA:	Departamento Administrativo del Medio Ambiente; actualmente denominada Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Ideam:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
Has:	Hectáreas
IPCC:	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
Kg:	Kilogramo
MMA:	Ministerio del Medio Ambiente de Colombia
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, antes Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
NASA:	National Aeronautics and Space Administration. Aeronáutica Nacional y Administración del Espacio de Estados Unidos
OEA:	Organización de Estados Americanos
OIE:	Organización Mundial de Sanidad Animal
ONG:	Organización no gubernamental
SDA:	Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá
UICN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
WCS:	Wildlife Conservation Society
OMS:	Organización Mundial de la Salud

Presentación

La Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias ha considerado la edición de esta obra, pensada para dotar a los estudiosos de la ecología de una herramienta que, en complementación con las estrategias de investigación, contribuya al enriquecimiento de criterios para el diagnóstico de las condiciones ecosistémicas de la fauna. Desde diversas disciplinas y quehaceres este libro muestra procesos de articulación, en la búsqueda de orientaciones para el diseño de modelos de estudios que apoyen la comprensión y fundamentación sistémica de las ciencias asociadas a la salud animal.

Con este libro: *El estudio de la salud de la fauna silvestre: Teoría y práctica transdisciplinaria para la conservación con ejemplos para Latinoamérica*, ahora contamos con un nuevo y valioso soporte para los análisis, generación de resultados y recomendaciones de las medidas de precaución y profundización, en el estudio de casos y la apertura metodológica para avanzar en la visión sistémica que exigen las ciencias de la vida por antonomasia.

En esta publicación, los autores muestran su visión y su dedicación para sensibilizar, animar y aportar no solamente conocimientos, sino un cambio de paradigma en las actitudes que incentiven el interés sobre el mejoramiento de la calidad de vida de la fauna en América Latina.

Los autores en esta obra evidencian sus proyecciones de servicio como médicos veterinarios orientados a la investigación, la educación y la

gestión de ideas y proyectos encaminados a la transdisciplinariedad, en la que el enfoque ecosistémico en la biología y la veterinaria se alejan de las metodologías convencionales.

La dinámica interactiva de la vida, del comportamiento de la fauna y sus relaciones con los diversos factores que impactan el equilibrio de los procesos intrínsecos del hábitat, demuestran que las relaciones salud-no salud obedecen a fenómenos de distinta complejidad e inestabilidad. Así, la salud de la fauna se convierte en un área de estudio que abre horizontes y rompe esquemas establecidos por el cartesianismo y las convenciones ortodoxas de la ciencia clásica.

Los notables académicos, doctores Victoria Pereira-Bengoia y Fernando Nassar-Montoya conforman un equipo generador de conocimiento con alto compromiso social en cada una de sus actividades y relaciones, son estas cualidades inherentes a seres cuya razón de existir se plasma en una inagotable voluntad y capacidad para contribuir al bien común.

La Academia, agradece a los distinguidos autores, los esfuerzos y desvelos en la construcción de esta obra para el servicio de todos los interesados en aportar al conocimiento con acciones para preservar la vida en Gaia.

LUCÍA ESPERANZA MÁSMELA OLARTE
*Presidenta Academia Colombiana
de Ciencias Veterinarias.*

Prefacio

El mundo está cambiando. Es una realidad. Ahora tenemos la certeza de que los paradigmas de desarrollo del ser humano no son socio-ambientalmente sostenibles, son esencialmente económicos.

Es deber entonces de los científicos proveer herramientas y conocimiento para la toma de decisiones y la generación de acciones que lideren procesos de transformación social y verdaderas acciones sostenibles. Lamentablemente, la información raramente llega a los tomadores de decisiones en entes públicos y privados. Como consecuencia, a pesar que la crisis ambiental antropogénica es una verdad a gritos, la humanidad irremediablemente continúa su camino dejando una profunda huella ecológica. En el caso colombiano y latinoamericano, por la evidencia que se presenta en el presente texto, parece que se continuara tomando decisiones de manera torpe y errática debido al profundo arraigamiento de un pensamiento reduccionista, extractivo y cortoplacista que deriva en tasas aceleradas de deterioro social y ambiental.

Los científicos de las ciencias biológicas y sociales están preocupados. No se han quedado quietos, sino han buscado soluciones. En consecuencia, las ciencias han tenido movimientos conceptuales profundos que han derivado en el surgimiento de nuevas formas de concebir el conocimiento y el reordenamiento que deriva en la creación de nuevas disciplinas. Se quiere res-

ponder a la necesidad de entender en qué estado está el planeta y cuál será su futuro, y por ende el de la especie humana. Se requiere de la comprensión de las relaciones ser humano-ambiente y de las consecuencias de las acciones antrópicas: pérdida de la biodiversidad, cambios globales, contaminación y emersión de patógenos.

Latinoamérica no ha estado exenta de esta dinámica científica. Se han incrementado las investigaciones que documentan la crisis ambiental en el neotrópico. Sin embargo, lamentablemente pocas alcanzan las manos de los tomadores de decisiones o trascienden del ámbito científico. Si se tiene suerte, quedan restringidas a publicaciones consultadas primordialmente por expertos de las mismas áreas del conocimiento que las generan.

La aproximación al estudio de una especie o un lugar ha estado demarcada por la disciplina e interés de los investigadores, lo que en parte explica esta limitación sobre los posibles alcances que podría y debería tener la información compilada y el conocimiento generado. Por ejemplo, se observa que los estudios centrados en salud pública tienden a enfocarse en un patógeno específico y los interesados en la conservación en entender las causas y consecuencias de la variación en la distribución y abundancia de las formas de vida, y aquellos con énfasis en la salud animal en la caracterización de los patógenos y su impacto en la salud de los huéspedes. Estos enfoques, a pesar de su interés científico, académico y

técnico aplicado al sector, tienen poca relevancia política y económica.

Además, la organización por disciplinas del conocimiento tiene un profundo efecto sobre la conceptualización y aplicación de la misma ciencia. Los diferentes campos del conocimiento desarrollan diversas metodologías que se ajustan a los intereses disciplinares; y por lo tanto, la definición y el entendimiento de lo que es salud o conservación pueden variar por los objetivos y perspectivas. Para responder a esta división que indudablemente es dañina cuando se quiere entender la complejidad de los ecosistemas y las relaciones que el ser humano ha desarrollado con el planeta; se han venido haciendo propuestas para romper las barreras disciplinarias. Así, en la actualidad son comunes conceptos como interdisciplinaridad y transdisciplinaridad que en teoría parecerían perfectos, pero que en la realidad tienen impedimentos por las divergencias y sesgos teóricos y prácticos. También, los factores culturales y sociales tendrían una profunda influencia, tendiéndose más a la creación de consensos que a la síntesis de conceptos transdisciplinarios integrados.

Varias disciplinas exponen conceptos integrales de la salud humana, animal y de los ecosistemas. La literatura, como puede verse en el presente libro, es amplia. Sin embargo, de la sensación que hay confusión y dificultad para trascender a la multidisciplinaridad y complejidad del concepto salud, y como resultado, los esfuerzos parecerían ser más temporales que permanentes, con la generación de vínculos más dependientes de la aplicación puntual que de un eje teórico-práctico. Lógicamente, el resultado es que muchos propósitos queden reducidos a la misma intención de la que se pretendió trascender.

En este libro hemos querido hacer una propuesta práctica desde lo teórico, o quizás teórica desde lo práctico; con el objetivo de darle un balance a todas las intencionalidades que debe-

ría involucrar el pensamiento complejo de la salud ecológica (integración verdadera de la salud humana, animal y de los ecosistemas) aplicada en el ámbito de la salud de la fauna en los ecosistemas naturales. Es una conceptualización universal a partir de lo latinoamericano. Se quiere que la teoría y práctica expuesta contribuya al diálogo interdisciplinar para la generación de trabajos transdisciplinarios en el neotrópico, los cuales puedan tener mayores alcances para la toma de decisiones en niveles locales, nacionales y regionales.

Por tanto, el presente texto está dirigido a todas aquellas personas que sin importar su formación académica, de una u otra forma están trabajando en el manejo ambiental y la conservación de las especies, y en especial de la fauna. Es una propuesta de lenguaje común para investigadores y profesionales a partir del concepto de salud. Entonces, aunque se ha querido presentar bases teóricas sólidas para la salud de la fauna y los ecosistemas, también se ha buscado que éste sea altamente aplicado y práctico; por lo cual como recurso para vincular la teoría y la práctica el lector encontrará ejemplos a partir de procedimientos formulados, implementados y evaluados en los estudios que realizamos entre los años 2000 y 2011, principalmente con el equipo del Centro Araguatos. Como consecuencia el texto se ha enriquecido con figuras y diagramas que facilitan la comprensión de los procesos expuestos. Adicionalmente, se incluyen cajas de casos escritos a partir de investigaciones realizadas por nosotros en conjunto con otros investigadores, y en unos pocos se tratan temas específicos por contribuidores invitados.

Lógicamente, durante el desarrollo e implementación de nuestro trabajo hemos recibido la colaboración de un equipo que enriqueció enormemente los conceptos y procesos que formulamos en los primeros años. De este equipo hicieron parte muchos profesionales, investigadores y es-

tudiantes, a quienes se les queremos expresar el más profundo agradecimiento por sus enseñanzas y colaboración. Especialmente a Daniel Arbeláez, Pedro A. Galvis, C. Carolina Ramírez, Sylvia Rojas, Iván M. Sánchez y Tamara Vodovoz. También a todos aquellos que aparecen como coautores en las cajas de estudio de caso: Leonardo Arias, Diana Barrera, Carolina Clavijo, Pilar Calvo, Ricardo Malaver, Johanna Pérez y Dayana Prieto. A todos ellos les agradecemos haber trabajado con nosotros y esperamos que ahora comprendan lo que nos contribuyeron. Algunas entidades que nos han apoyado y a las cuales queremos dar especial reconocimiento, son la familia Suárez-Isaza, FieldVet Program de WCS, Carbones del Cerrejón LLC, Secretaría Distrital de Ambiente (anteriormente DAMA, Bogotá), Proyecto Tití, Proyecto PREDICT (EcoHealth Alliance), Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle y Fundación Universitaria San Martín.

También queremos dar reconocimiento a los autores que se tomaron un tiempo para redactar algunos casos que requeríamos para el cumplimiento de los objetivos que nos propusimos: Beatriz Borda G., Fernando Remolina, Pablo R.

Stevenson, Olga C. Mariño-Jannaut. Adicionalmente, a través de los años de redacción que nos ha tomado este texto, muchos han contribuido con lecturas, indicaciones y comentarios. Queremos en especial resaltar por esta labor a Beatriz Borda, Ricardo Balaguera y Olga Mariño.

Estamos especialmente agradecidos con la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias y el Consejo Profesional de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de Colombia por su interés y apoyo para la publicación de este libro.

Finalmente, no queremos terminar esta introducción sin mencionar al Centro Araguato, entidad que dio marco al trabajo que aquí exponemos. Lamentablemente, a pesar de nuestros grandes esfuerzos económicos y personales, debido a razones económicas en 2007 tuvimos que parar sus labores. Sin embargo, no perdemos la fe que algún día podamos reintegrarlo de nuevo y reanudar los objetivos que con éste nos propusimos. Pensamos que este es un producto que no sólo confirma esta intención, sino que también de alguna forma valida los objetivos de lo que nos hemos propuesto para nuestro desarrollo y trabajo por Latinoamérica y Colombia.

FERNANDO NASSAR MONTOYA
VICTORIA PEREIRA BENGOA

Capítulo 1

SALUD Y CONSERVACIÓN

La salud se puede entender como la capacidad de un animal, población o especie de perdurar dentro de su hábitat, al adaptarse y sobrepasar los disturbios y amenazas que se presentan, de manera que pueda mantener su bienestar biológico, ecológico, médico y de comportamiento.

LA CRISIS AMBIENTAL

A partir de la década de 1980 ha habido una importante evolución conceptual en la salud a través del desarrollo de las disciplinas denominadas "Medicina de los Ecosistemas", "Medicina Ecológica", "Salud de la Conservación", "Medicina de la Conservación" y Una Salud, siendo estas dos últimas quizás las más difundidas actualmente (A. A. Aguirre, Ostfeld, Tabor, House, & Pearl, 2002; Kaplan, Kahn, & Monath, 2009; Weinhold, 2003). No es extraño que el nacimiento de las nuevas disciplinas responda a las necesidades del entendimiento de las relaciones entre la problemática ambiental y la salud humana y animal, si se considera la crisis actual que involucra entre otros, pérdida de la biodiversidad, cambios globales, contaminación y emersión de patógenos.

Existe documentación amplia sobre la crisis ambiental y la salud de los ecosistemas, que incluye la publicación de revistas científicas (ver por ejemplo, *Conservation Biology* y *Ecosystem Health*) y libros especializados en el tema (ver por ejemplo, A. A. Aguirre *et al.*, 2002; Komatina, 2004; Sodhi & Ehrlich, 2010) y con énfasis en la problemática latinoamericana (Primack, Rozzi, Feinsinger, Dirzo & Massardo, 2001). Un concepto interesante y que definitivamente contribuye al entendimiento de las relaciones de los elementos abióticos con la salud (a pesar de que se enfo-

ca en la salud humana), es el que nace a partir de las disciplinas geológicas y que se ha denominado "Medicina Geológica" (Bunnell, 2004; Komatina, 2004).

La huella ecológica se define como el área que un ser humano requiere para su subsistencia, debido a lo cual muestra el grado de demanda humana sobre la tierra y el agua. Según Pollard & Almond (2010) en el año 2007 la huella ecológica ya excedía la biocapacidad de la tierra en 50%, es decir se requerirían de 1,5 años para regenerar los recursos naturales usados en el año. Entonces es indudable que las actividades antropogénicas son la mayor amenaza para la biodiversidad del planeta. En 1900 a nivel global se disponía de 7,91 Has per cápita, en 1950 de 5,15 Has, en 2002 de 2,02 Has, y se calcula que para 2050 serán 1,63 Has per cápita (United Nations Environment Program, 2007). En 2011 la población mundial alcanzó los 7.000 millones de personas que representarían según las estimaciones de Cincotta & Engelman (2000), una masa corporal aproximada de 291 millones de toneladas métricas, con una densidad global de 47 personas por Km² de superficie terrestre de tierra firme. Sin embargo, las densidades varían enormemente a través del planeta. En Latinoamérica por ejemplo, estos autores para el año 2000 calculaban densidades de 7 personas/Km² en el Cerrado Brasileño a 136 personas/Km² en el Caribe, y para el caso específi-

co de Colombia, los estimativos eran respectivamente 40 y 44 personas por Km² para los Andes Tropicales y Tumbes- Chocó-Magdalena; los dos *hotspots* que tienen parte de su rango en el país.

Los factores causantes de la extinción de las especies que son ampliamente mencionados en la literatura de una u otra forma se pueden resumir en: pérdida de hábitats terrestres y acuáticos, contaminación, introducción de especies, uso no sostenible de los recursos y cambios climáticos globales (E. Chivian, 2003).

La emersión de enfermedades infecciosas en los ecosistemas naturales se está constituyendo en una creciente amenaza *per se* para la vida silvestre y el ser humano, considerándose una causa importante de mortalidad masiva y extinción (A. A. Aguirre *et al.*, 2002; Daszak, Cunningham, & Hyatt, 2000; Lips *et al.*, 2006). Walter & Steffen (1997) consideran cuatro categorías de perturbaciones ambientales a gran escala dentro del término de "cambio global": cambios de la superficie de la tierra y su uso, declinación global de la biodiversidad, cambios en la composición de la atmósfera y cambio climático; estos autores eligen como el más relevante desde la perspectiva de ecosistema terrestre al primero, el cual ocurre en gran escala por el incremento de las necesidades de alimento debido al crecimiento de la población humana, situación que se agrava por factores como migración, pobreza e inequidad socioeconómica, y debilidad política.

La transformación en la superficie terrestre latinoamericana en los últimos cincuenta años responde a las políticas de desarrollo implementadas bajo la denominada revolución verde promovida por Estados Unidos a mitad del siglo XX y más recientemente a la globalización que se caracteriza por la agroindustrialización y desarrollo biotecnológico (Gibbs *et al.*, 2010; Reardon & Barrett, 2000). Aunque todos los países centro

y suramericanos tienen problemáticas similares, Brasil es quien ha sufrido la expansión más grande de la frontera agropecuaria y cambio en el uso de la tierra en Latinoamérica (Kaimowitz, Wunder, & Pacheco, 2004; Morton *et al.*, 2006).

Adicionalmente, la política mundial actual de producir combustibles a partir de la biomasa, representa una amenaza de mayor presión sobre la tierra con impacto sobre la huella ecológica. En Colombia, se observa un incremento en cultivos para la producción de alcohol carburante a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), remolacha (*Beta vulgaris*), yuca (*Manihot sculenta*) y banano (*Musa paradisiaca*), y biodiesel a través de palma africana (*Elaeis guineensis*), jatropha (*Jatropha curcas*) e higuierilla (*Ricinus communis*); con la premisa de que en el país existe aún gran disponibilidad de tierras para ambos, biocombustibles y seguridad alimentaria, si se redistribuye el uso de la tierra. Como consecuencia, las políticas agropecuarias de los últimos gobiernos se han enfocado en incrementar el uso agrícola y agroforestal disminuyendo las tierras utilizadas en ganadería, y ahora, también mediante el incremento de la frontera agrícola (Arias-Leyva, 2007; Departamento Nacional de Planeación, 2011; Fedegan, 2006; Martínez Torres, 2007).

Sin embargo, las cifras base para estos supuestos parecen tener algunas diferencias fundamentales sobre la definición de vocación de la tierra y la conservación, que no dejan de ser preocupantes (Figura 1); además que los ejemplos de la amenaza a la biodiversidad en otras partes del mundo por la extensión de los cultivos de palma debe ser considerada (Koh & Wilcove, 2007). Todo esto hace que el impacto de las políticas agrarias actuales deba ser cuidadosamente monitoreado. Los resultados tienen que llegar a los tomadores de decisiones oportunamente.

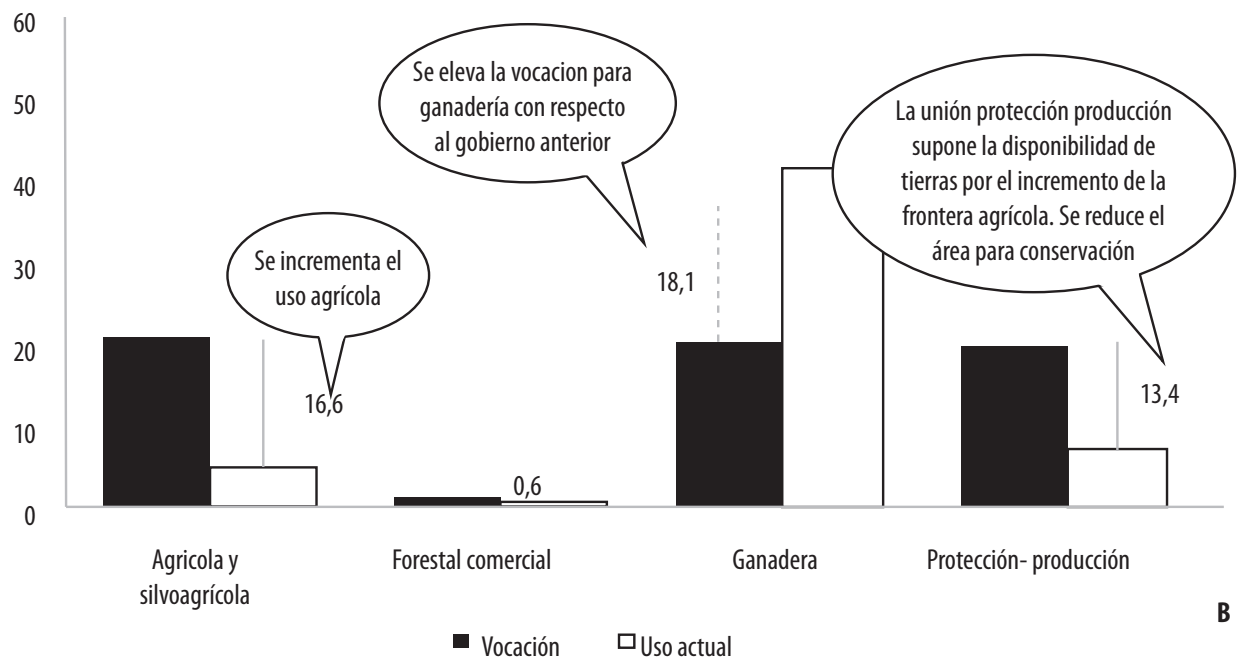
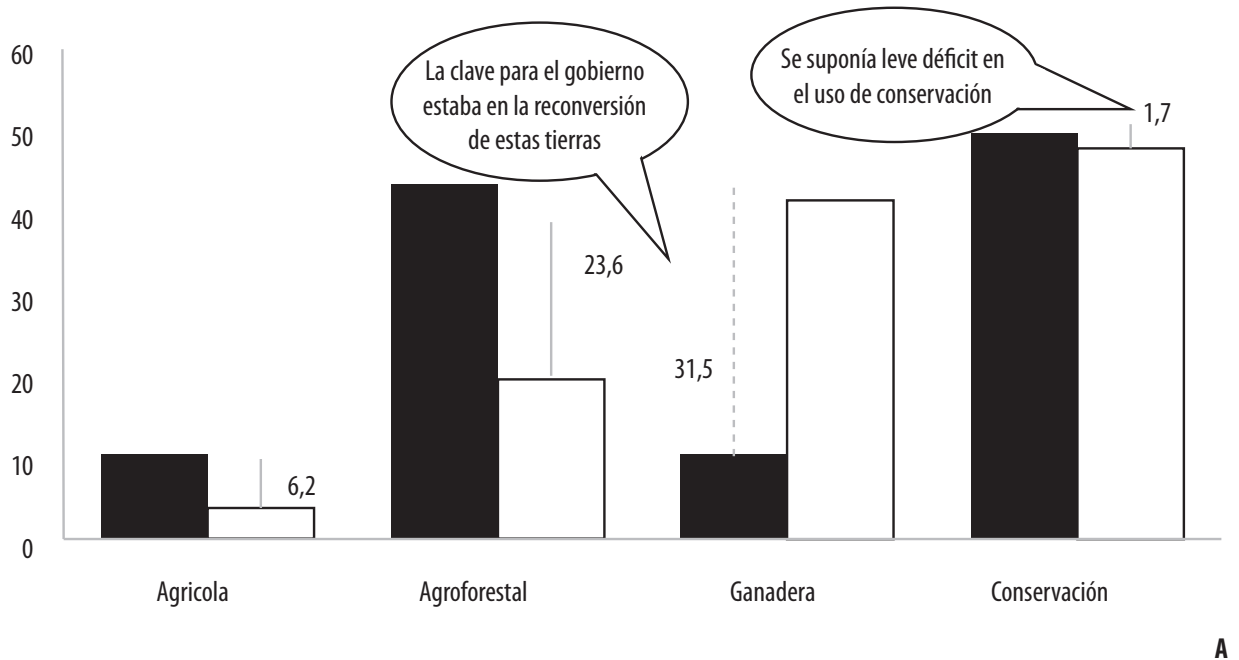


Figura 1. Propuestas gubernamentales para la reutilización de las tierras colombianas a partir de su vocación y uso (millones de Has). A. Gobierno Álvaro Uribe, B. Gobierno Juan Manuel Santos. Modificado de Arias-Leyva (2007) y Departamento Nacional de Planeación (2011).

PÉRDIDA DE LOS HÁBITATS

Deforestación

Latinoamérica y el Caribe poseen 22% de las áreas boscosas del planeta con aproximadamente el 49% del total de su terreno cubierto en bosques en 2010. Brasil tiene el 13% de los bosques globales, y éste junto con Perú, Colombia, el Estado Plurinacional de Bolivia y la República Bolivariana de Venezuela, cuentan el 84% del total de los bosques regionales (FAO, 2011). Sin embargo, Latinoamérica presentó tasas de deforestación más altas que la media mundial entre 1990-2010 y por ende su representatividad en relación con el mundo disminuyó 0,014/1 Ha en este periodo (Tabla 1); aunque el comportamiento regional fue heterogéneo. Por ejemplo, según esta entidad en Centroamérica se observó la mayor tasa de deforestación, mientras en el Caribe por el contrario, se aumentó la cobertura boscosa. Por su parte, Suramérica presentó la mayor área neta deforestada (82´103.000 has entre 1990 y 2010).

En la Tabla 2, se muestra el estado de los biomas colombianos según Márquez (2000). De acuerdo con Etter *et al.* (2006) en 1998 se había deforestado el 35% del área total del país, sin incluir las sabanas naturales; es decir 0,96 Has de tierra por persona debido a la agricultura (32%) y pastoreo de ganado (68%). Entre 1995–2005 se registraron tasas de disminución de 0,18% anual promedio, cifras que sin ser buenas, estuvieron

entre las más bajas de la región (IDEAM, 2004). Como ya se mencionó, el País está dentro del área de cobertura de los hotspots Andes Tropicales y Tumbes–Chocó–Magdalena. Se estima que el primero conserva el 25% de la extensión original (385.661 Km² de 1.542.644 Km²) y el segundo el 24% (65.903 Km² de 274.597 Km²) (B. Thomas *et al.*, 2007).

La deforestación en el trópico se explica mejor por la combinación de múltiples factores que actúan de manera sinérgica. De acuerdo con Geist & Lambin (2002) estos se pueden clasificar en Causas Próximas que incluyen las actividades humanas y las acciones inmediatas al nivel local, y en Fuerzas Direccionales Esenciales, que son los procesos sociales fundamentales. A su vez, estos autores identifican dentro de las causas próximas la expansión agrícola, la extracción de madera y la expansión de la infraestructura, y como Fuerzas Direccionales Esenciales a variables económicas, institucionales, tecnológicas, culturales y demográficas. Sin embargo, la forma como las causas de deforestación interactúan varían regionalmente. Por ejemplo, en la Región Andina colombiana la distancia entre las ciudades, la fertilidad del suelo y la distancia a las carreteras representan alta importancia, mientras en la Amazonia las variables más importantes se refieren a la distancia a las carreteras, la distancia a las ciudades y los días de lluvia (Etter *et al.*, 2006). Etter & van Wyngaarden (2000) identificaron como las principales causas

Tabla 1. Comportamiento de las áreas boscosas en Latinoamérica y el Caribe en relación con el mundo.
Modificada de FAO (2011).

	Área (1000 has)			Cambio anual (1000 Ha)		Tasa cambio anual (%)	
	1990	2000	2010	1990–2000	2000–2010	1990–2000	2000–2010
Latinoamérica y Caribe (LAC)	978.072	932.735	890 782	-4.534	-4.195	-0,47	-0,46
Mundo	4.168 399	4.085 063	4.032 905	-8.334	-5.216	-0,20	-0,13
Relación LAC/mundo	0,234/1	0,228/1	0,220/1				
Cambio LAC en relación con el mundo		-0,006/1	-0,008/1			>0,27	>0,33

Tabla 2. El estado de los biomas de Colombia y anotaciones sobre las amenazas actuales.
Modificada de Márquez (2000).

Bioma	Área Actual (Km2)	Área Original (Km2)	Índice de vegetación remanente	Anotaciones sobre el uso actual
	18.000	18.000	100.0%	Amenazas por ganadería, agricultura y minería.
Selvas amazónicas	14.000	14.0000	100.0%	Tasas altas de deforestación amazónica relacionadas con la densidad de la población. Deforestación por cultivos ilícitos.
Vegetación herbácea arbustiva de cerros amazónicos	7.500	7.500	100.0%	
Bosques bajos y catingales amazónicos	36.000	36.000	100.0%	
Sabanas llaneras	106.500	113.000	50.0%	Intensificación de uso en los últimos cinco años para siembra de cultivos para biocombustibles; cambio de ganadería extensiva a agroindustria.
Matorrales xerofíticos y desiertos	9.500	11.000	86.4%	
Bosques aluviales (de vegas)	95.000	118.000	80.5%	
Bosques húmedos tropicales	378.000	550.000	68.7%	
Bosques de manglar	3.300	6.000	55.0%	
Bosques y otra vegetación de pantano	6.500	13.000	50.0%	
Sabanas del Caribe	1.000	3.500	28.6%	Actividades de minería en pequeña y gran escala se desarrollan en varias zonas del Caribe colombiano.
Bosques andinos	45.000	170.000	26.5%	
Bosques secos o subhúmedos tropicales	1.200	80.000	1.5%	
Áreas moderadamente intervenidas	70.000		6.1%	
Áreas fuertemente intervenidas	350.000		30.7%	Los últimos gobiernos colombianos han proyectado reconversiones en el uso de la tierra hacia la agricultura.
TOTAL			63.2%	Coherente con Etter et al. (2006) que estimaron 35% de deforestación en 1998.

para la transformación de los ecosistemas naturales en el país en el siglo XX, alto crecimiento de las tasas demográficas, migración forzada a las áreas de colonización, uso extensivo y concentración de la tierra, demanda de la creciente economía de mercados, y más recientemente, baja gobernabilidad e incremento de los cultivos ilícitos.

Fragmentación e intervención

Los efectos son más sutiles cuando la deforestación no es completa y los hábitats son modificados o fragmentados, considerándose en general

que la fragmentación tiene dos componentes: la reducción de un tipo o de todos los tipos de hábitat en un paisaje y la partición del remanente en parches más pequeños y aislados (Noss & Csuti, 1997). Feinsinger (1997) hace una distinción, de gran importancia para el neotrópico, entre la fragmentación y la formación de franjas largas y estrechas de bosque por deforestación, ya que esta última ocurre con frecuencia cuando los bosques higrotropofíticos son reducidos a pocos metros de ancho. De acuerdo con las observaciones personales que se han realizado en varias partes

de Colombia, éste sería un efecto relevante en el patrón de deforestación por el uso agropecuario debido a que actualmente existe la preocupación del productor por conservar las cuencas hidrológicas. De todas formas, el efecto de borde se produce en ambos casos, lo que conlleva a cambios en las condiciones físicas y en los procesos de la biota (Murcia, 1995).

El interés mundial por la fragmentación es alto y se habla inclusive de la “ciencia de la fragmentación”, que se interesa en el estudio de los efectos de borde y aislamiento, invasiones, sucesión, interrupción de los procesos biológicos, dinámica en estados en desequilibrio y el uso por las comunidades humanas de las zonas boscosas remanentes (Marsh, 2003a). Por tanto, la documentación es amplia sobre los efectos que tiene sobre las comunidades animales y que con frecuencia derivan en la reducción y aislamiento de los individuos efectivos, lo que puede ser el resultado de varias causas y que a su vez, tiene varias consecuencias. La fragmentación de las poblaciones seguida a la del hábitat, representa un problema debido a la atomización de los procesos y dinámica de la especie y la comunidad. Por ejemplo, es aceptado el hecho que la viabilidad de las poblaciones pequeñas es menor debido a la reducción de la diversidad genética (efecto variable entre las especies) y a que son más susceptibles a los eventos estocásticos y enfermedades, invasión del hábitat, fluctuaciones en la oferta alimenticia, densidad y cambios en las tasas reproductivas y de sobrevivencia (Caro, 1998; Craig, 1994; Eizirik, Indrusiak, & Johnson, 2002; O'Brien, 1994; R. Primack, 2001; Ruíz García, 2003; Wayne, Lehman, Allard, & Honeycutt, 1992).

Trampa ecológica

Un concepto interesante y útil para entender las relaciones complejas que pueden derivar en la extinción de una especie en un lugar modificado -inclusive por causas sutiles-, es el de trampa

ecológica: hábitat de baja calidad que los animales prefieren por encima de otros hábitats disponibles (Battin, 2004). De acuerdo con este autor, la vulnerabilidad de una población animal se incrementa por las características del paisaje, como un alto radio de la trampa con respecto al hábitat, cambio rápido del paisaje y alta tasa de invasión de especies exóticas y del organismo, como baja tasa de evolución, baja capacidad de aprendizaje, baja variación intrapoblacional en la selección cualitativa del hábitat, ausencia de adaptaciones comportamentales al cambio, bajo nivel de conocimiento sobre el paisaje, confianza en la sugerencias indirectas para la selección de hábitat, bajo tamaño poblacional y fluctuaciones poblacionales cíclicas.

No se encontró información sobre estudios de especies que se encuentren en trampas ecológicas en Colombia. Sin embargo, una en la que se sugiere podría estarse presentando este fenómeno es la polla de agua (*Porphyryla martinica*) en Bogotá, ya que se reporta su presencia en lugares urbanizados y reductos de espejo de agua, lo que conlleva a que se registre una alta tasa de entrega de ejemplares rescatados por traumatismo o desorientación, por particulares al Centro de Recepción de Fauna y Flora Silvestre de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (Álvarez & Leguizamón, 2006).

CONTAMINACIÓN

Los contaminantes son elementos sólidos, líquidos o gaseosos que bajo determinada concentración pueden resultar nocivos para los seres vivos. La contaminación atmosférica ocurre en todas partes del mundo, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos y marinos, debido a que las actividades humanas de los últimos dos siglos han producido importantes cambios en la composición química del ambiente por el uso de los combustibles derivados del carbón. Varios químicos se relacionan

con el daño específico del ADN y pueden por tanto, alterar las características genéticas de las células y organismos; estos incluyen hidrocarburos aromáticos policíclicos, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono y asbestos (Burdon, 1999; Komatina, 2004; Skinner & Berger, 2003).

La contaminación antropogénica de las aguas y tierras proviene principalmente de las actividades industriales, agropecuarias, mineras y domésticas. El uso agropecuario de químicos de síntesis aporta considerables cantidades de contaminantes al planeta, que pueden acumularse en los tejidos de las especies que ocupan los niveles tróficos más altos, e inclusive en aquellas que viven en ecosistemas marinos (A. A. Aguirre, O'Hara, Speaker, & Jessup, 2002; Ross, 2000). Los pesticidas, tienen efectos directos en las poblaciones silvestres, al dañar tejidos y órganos que impiden las funciones y los procesos normales; o alterar el comportamiento al prolongar la inhibición de neuroquímicos y alterar la neurotransmisión afectando la habilidad de los animales para recibir, procesar y almacenar la información; ocasionar anomalías de desarrollo de las crías expuestas durante la gestación e indirectos haciéndolos susceptibles a tumores y enfermedades cancerosas (Eslava-Mocha, Ramírez-Duarte, & Rondón-Barragán, 2007; Presley, Austin, & Dabbert, 2010; Sayim, 2008).

La contaminación se ha relacionado con el declive de poblaciones animales, principalmente de anfibios que debido a sus hábitos acuáticos y terrestres a través de su ciclo de vida, además de poseer su piel permeable, los hace altamente sensibles a contaminantes (Boone & Bridges, 2003; Hayes et al., 2006; Lacher et al., 2010; Sparling, Linder, Bishop, & Krest, 2010). De acuerdo con Blaustein & Wake (1995) el declive de las poblaciones es el resultado de relaciones complejas entre varios factores ambientales por ejemplo, luz ultravioleta, contaminantes y parásitos, que interactúan con el consecuente incremento de la mortalidad, pero estas interacciones todavía no son bien com-

prendidas (A.R. Blaustein, Romansic, Kiesecker, & Hatch, 2003; Stuart et al., 2004). Hayes et al. (2006) argumentan que desafortunadamente los efectos negativos de los pesticidas pueden ser importantes al nivel de disrupción endocrina, pero que generalmente pasan desapercibidos en los anfibios debido a que los estudios relacionan letalidad y malformaciones con dosis relativamente altas (partes por millón). Estos autores concluyen que el examen de pesticidas de manera aislada no es adecuado para evaluar su papel en el desarrollo o entender la disminución de las poblaciones, y debe enfocarse más bien en el efecto aditivo.

Entonces, una problemática preocupante desde la perspectiva de la salud de la fauna y el ecosistema es la disrupción endocrina producida por los contaminantes presentes en las aguas y alimentos (Jobling & Tyler, 2006). El efecto sobre los ecosistemas es tan importante, que entidades ambientales como la EPA (la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) consideran los disruptores endocrinos como una de sus seis prioridades de investigación (<http://www.epa.gov/endocrine/index.html>). También hay importantes iniciativas internacionales como el proyecto Comprendo (Comparative Research on Endocrine Disruption) de la Unión Europea que tienen como objetivo el estudio interdisciplinario de los disruptores endocrinos en humanos y vida silvestre con efecto androgénico o antiandrogénico (ver página del proyecto en <http://www.comprendo-project.org/main1024.html>), el cual junto con EDEN (*Endocrine Disruptors: Exploring Novel Endpoints, Exposure, Low-Dose and Mixture-Effects in Humans, Aquatic Wildlife and Laboratory Animals*), Eurisked (*Multi-organic Risk Assessment of Selected Endocrine Disruptors*), y FIRE (*Risk Assessment of Brominated Flame Retardants As Suspected Endocrine Disruptors for Human and Wildlife Health*) componen CREDO (*Coordinating European Environmental and Human Research in to Endocrine Disruption*).

Los disruptores endocrinos incluyen pesticidas, fungicidas, insecticidas, nematocidas y químicos industriales, como por ejemplo, mercurio, plomo y cadmio (Di Giulio & Tillitt, 1999; Kendall, Dickerson, Giesy, & Suk, 1998; Vos *et al.*, 2000). La exposición a los químicos disruptores de la función endocrina en el ambiente se ha asociado con varias patologías reproductivas, como la disminución de la fertilidad en aves, peces y mamíferos; el decrecimiento en las tasas de eclosión en peces, aves y tortugas; la feminización en peces, aves y mamíferos; el desarrollo anormal del pene en reptiles, alteraciones morfológicas de las gónadas en anfibios, aves y mamíferos (Edwards, Moore, & Guillette, 2006; Ropstad *et al.*, 2006) y con la alteración en el sistema inmune en aves y mamíferos y la función tiroidea en aves y peces (Colborn, vom Saal, & Soto, 1993; De Swart *et al.*, 1994; Tabuchi *et al.*, 2006; Verreault, Skaare, Jensen, & Gabrielsen, 2004). Los organoclorinados se han asociado con disrupción ósea en osos polares (Sonne *et al.*, 2004).

Contaminación y la vida silvestre en Colombia

En Colombia, el caso de la cuenca del río Bogotá es quizás uno de los más críticos en contaminación hídrica por el grave riesgo que representa para la población humana y animal (Departamento Nacional de Planeación, 2004), junto con el hecho que su sistema de humedales es de alta importancia para la conservación debido a que es lugar de migración de varias especies de aves (Asociación Bogotana de Ornitología, 2000). No es extraño entonces, si se considera la contaminación y degradación de estos ecosistemas, que se estime que en los humedales del altiplano se haya producido la mayoría de eventos de extinción de vertebrados documentados para el país (Andrade, 2003). La cuenca recibe pesticidas, aguas servidas, agentes químicos y materia orgá-

nica que conlleva a altas cargas de parásitos (Alarcón, Beltrán, Cárdenas, & Campos, 2005; Campos, 2003). Aunque se han realizado una gran cantidad de estudios sobre la contaminación del río, son pocos los que se han hecho sobre el efecto en la salud de la fauna nativa. Rodríguez, González & Suárez (2007) reportan uno interesante que contempla variables ambientales, clínicas y patológicas realizado en el Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), el cual relacionó lesiones en los peces con los niveles de cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc, magnesio, manganeso y cromo en la musculatura de 47 ejemplares y el agua.

Por otra parte, el cultivo de productos ilícitos es una problemática ambiental compleja que afecta a varios países neotropicales, pero principalmente a Colombia: “*Se puede afirmar que la sociedad colombiana no percibe aún los daños ecológicos causados por la instalación de cultivos ilícitos y las actividades conexas relacionadas con los mismos*” (Solomon, Anadón, Cerdeira, Marshall, & Sanín, 2005). Es decir, es prioritario entender el efecto sobre la fauna y los ecosistemas naturales que tiene la roza y quema, el uso de plaguicidas y fertilizantes y la erosión en la producción, el uso de productos químicos en el procesamiento, y la aspersión de químicos para el control de los cultivos ilícitos por parte de las autoridades (M.D. Álvarez, 2002). Sin embargo esto no es fácil, ya que la información disponible es con frecuencia poco objetiva por el conflicto que genera la producción y control de sustancias ilegales y a las implicaciones socioculturales, militares, económicas, políticas, comerciales y ambientales de las cadenas de la coca y la amapola. Adicionalmente, por motivos de seguridad el acceso a estos lugares es restringido.

Por lo tanto, la temática de la producción de coca y amapola da un excelente ejemplo para enfatizar la importancia de la utilización de fuentes confiables en el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas, ya que como en otras áreas del conocimiento, en la actualidad es fácil tener

acceso a literatura diversa pero que puede corresponder a intereses personales o simplemente no provenir de trabajos con rigor científico. Entonces, si no se tiene cuidado se puede utilizar información sesgada o confusa que produce ruido en el análisis, debido a lo cual se recomienda que se utilicen fuentes reconocidas (como journals o revistas indexadas, libros de institutos de investigación, etc.) u oficiales y cuando no sea así, se identifique plenamente y se evalúe su valor y confiabilidad.

Con base en imágenes satelitales, el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI UNODC que es parte integral del Programa Mundial de Monitoreo de Cultivos Ilícitos establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1998), desde 1999 realiza el censo de oficial de cultivos en Colombia. La deforestación por la producción de coca y amapola se asocia con áreas protegidas y no protegidas prioritarias para la conservación (Naciones Unidas Oficina contra la Droga y el Delito & Gobierno de Colombia, 2005), se estima que aproximadamente el 6% de la deforestación se ha ocasionado por esta causa. De acuerdo con la Dirección de Estupefacientes de la Policía Nacional de Colombia (2007) se han fumigado 862.763 has entre los años 2000 y 2006 en 21 departamentos del país, principalmente en Nariño (218.331 has), Putumayo (182.054 has) y Guaviare (117.890 has).

Solomon *et al.* (2005) realizaron una evaluación del riesgo de los efectos sobre la salud humana y el medio ambiente del glifosato en el control de los cultivos de coca y amapola en Colombia, por petición de la División de la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

De acuerdo con estos autores el glifosato es inocuo; pero por otra parte, Eslava-Mocha *et al.*, (2007) dentro del programa estudios sobre efectos de los componentes de la mezcla de aspersión de cultivos de coca y amapola en Colombia sobre especies nativas, encontraron que la exposición

de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) al herbicida Roundup®, al surfactante Cosmoflux® 411F y a la mezcla de herbicida más surfactante, produjeron alteraciones clínicas (reducción de la frecuencia opercular, retraso o ausencia de respuesta al estímulo visual y reducción de la actividad de nado) y anatómicas en las branquias, hígado, riñones, piel y cerebro.

INVASIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD/UNEP, 2001), las especies exóticas invasoras son *“Especies, subespecies o taxones inferiores introducidos fuera de su distribución normal en el pasado o en el presente; incluye partes, gametos, semillas, huevos o propágulos de tales especies que pudieran sobrevivir y subsecuentemente reproducirse, cuya introducción y propagación amenaza a los ecosistemas, hábitats o especies produciendo daños económicos o ambientales.”*

La alteración de la composición demográfica de las poblaciones por invasión de especies exóticas se considera una de las causas más importantes de la extinción denominándose a esta problemática contaminación biológica. El Grupo Especialista de Especies Invasoras de la UICN (ver información en www.issg.org) publicó la base de datos de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas en el mundo, seleccionadas de acuerdo a la severidad de su impacto sobre la diversidad biológica y/o actividades humanas, y por ser ejemplos ilustrativos de temas importantes relacionados con las invasiones biológicas (Lowe, Browne, Boudjelas, & De Poorter, 2004). Este mismo grupo también desarrolló unas guías para prevenir la pérdida de la biodiversidad por la invasión de especies (IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group -ISSG-, 2000), ya que es primordial que los países generen políticas al respecto, teniendo en cuenta que el 90% de los casos de invasión de vertebrados y plantas a nivel global se derivan

de movimientos intencionales por el ser humano (Towsend, Scachetti-Pereira, & Hargrove, 2004).

Schüttler y Karez (2009), realizaron un estudio sobre la presencia, impacto y manejo de especies exógenas invasoras en las reservas de la biósfera latinoamericanas y caribeñas, en el cual se observaron principalmente problemáticas asociadas a especies domésticas y/o de producción que se han asilvestrado, tales como *Bos taurus*, *Canis lupus familiaris*, *Columba livia*, *Felis catus*, *Lepus europaeus*, *Mus musculus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Oreochromis niloticus*, *Sus scrofa*, *Rattus norvegicus* y *Rattus rattus*.

Según BirdLife International (2000), la invasión de especies exóticas es la principal causa de la extinción de aves desde 1800, y de acuerdo con Kats & Ferrer (2003), hay documentación suficiente que demuestra que la predación por parte de las especies invasoras ha jugado un papel importante en el declive de algunas poblaciones de anfibios y en la producción de cambios a largo plazo en ecosistemas acuáticos.

Pough *et al.* (2001), muestra varios casos en los que declinaron poblaciones de herpetofauna, como la devastación de poblaciones de iguanas por la introducción de perros y gatos domésticos en el Pacífico Sur, la aparente extinción de varias especies de anuros del género *Leiopelma* por la introducción de ratas en Australia, y la reducción o extirpación de poblaciones endémicas de aves y lagartos por la introducción de la culebra *Boiga irregularis*. Collins & Storfer (2003) argumentan que las especies invasoras pueden producir impacto y declive de poblaciones nativas a través de varios mecanismos, como predación, competencia, hibridación e introducción de patógenos.

Un caso interesante que demuestra el alto impacto y la capacidad invasiva que puede llegar a tener una especie silvestre introducida, inclusive en un bajo número de animales con fines benévolos y de aprovechamiento, es el del castor (*Castor canadensis*). Veinticinco parejas procedentes de

Canadá se llevaron a la cuenca del lago Fagnano en el sector argentino de la Isla Grande de Tierra de Fuego en 1945 con fines de producción peletera; la especie se extendió y actualmente se estima que en 22.000 Km² del sector argentino hay entre 35.000 y 50.000 individuos allí, más los que se encuentran en el sector chileno que también ocupó (Novillo & Ojeda, 2009). El castor cruzó el Canal de Beagle y no se descarta que cruce el estrecho de Magallanes (Lizarralde & Venegas, 2001).

¿Pero qué hace que el castor haya sido tan exitoso en las condiciones del cono sur? De acuerdo con Meffe *et al.* (1997) algunas características hacen que una especie sea buena invasora: alta tasa reproductiva, larga esperanza de vida, alta tasa de dispersión, reproducción vegetativa o clonal, alta variabilidad genética, plasticidad fenotípica, amplio rango de distribución natural, generalista en hábitat y dieta y comensal humana, y a su vez, las características de una comunidad invasible son: similitud climática con el hábitat original del invasor, baja diversidad, ausencia de predadores, otras especies invasivas o de especies nativas con similares morfológicamente o ecológicamente, ausencia de predadores en su historia evolutiva, ausencia de incendios en su historia evolutiva, baja conectividad en la cadena alimenticia y disturbada por el ser humano.

La introducción de especies y los riesgos para la fauna y sus ecosistemas representan un alto interés para la conservación en Colombia. Gutiérrez (2006) hizo un análisis general de la situación en el país que incluye recomendaciones para la prevención y control, y una revisión de los marcos normativo y político en los ámbitos nacional e internacional. En la Tabla 3, se presenta un listado de las especies consideradas invasoras de mayor impacto por el Instituto Alexander von Humboldt para el país (Baptiste *et al.*, 2010; Instituto Alexander von Humboldt- IAvH, 2005) y las declaradas más recientemente como invasoras en las resoluciones 0848 de 2008 y 207 de 2010 por Ministerio de Ambiente,

Tabla 3. Especies exóticas invasoras prioritarias para manejo en Colombia de acuerdo con el listado del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2008) y (2010) y las resoluciones 848 de 2008 y 207 de 2010 del MAVDT.

Clase	Especie Invasora (IAvH 2005)	Invasora Global (IUCN 2001)	Observaciones
Plantas	Retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>)	Si	Introducido para construir cercas vivas desde Europa en el siglo pasado. Con alto riesgo invasor, según el IAvH (2010).
	Retamo liso (<i>Teline monspessulana</i>)	Si	De manera voluntaria se introdujo al país desde Europa como planta ornamental.
	Susanita de ojos negros (<i>Thunbergia alata</i>)	Si	Introducida a Colombia para su uso ornamental desde Europa (originaria de África), con alta capacidad invasora.
	Buchón (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Si	De origen amazónico, distribuida ampliamente en todo el mundo como especie ornamental.
Invertebrados marinos	Electroma sp.	No	Se cree que llegó por los buques
	Mejillón de estuario (<i>Mytilopsis sallei</i>)	No	
	Camarón de Asia (<i>Pa-neaus monodon</i>)	No	
Moluscos	Caracol de jardín (<i>Helix aspersa</i>)	No	Se introdujo intencionalmente para la producción de proteína. Se permite la zootecnia en los lugares en que la especie se ha establecido (Ley 1011 de 2006)
	Caracol gigante africano (<i>Achatinafulica</i>)	Si	Además del peligro ecológico que ocasiona, tienen importancia desde el punto de vista de salud pública porque son el hospedero intermedio del parásito <i>Angiostrongylus cantonesis</i> que ocasiona meningoencefalitis eosinofílica en el hombre.
Artrópodos	Hormiga loca (<i>Paratre-china fulva</i>).	No	Introducida intencionalmente para el control de serpientes y la hormiga arriera (Gutiérrez, 2006).
Anfibios	Rana toro (<i>Litobathes catesbeianus</i>)	Si	Introducida intencionalmente para zootecnia. Impacto en poblaciones de aves y anfibios y por la dispersión del <i>B. dendrobatidis</i> . Se plantea la erradicación (Resolución 1233 de 2002 del Ministerio de Desarrollo Económico). Clasificado por IAvH (2010) como Riesgo Alto.
	Rana coqui (<i>Eleuthero-dactylus coqui</i>)	Si	

Clase	Especie Invasora (IAvH 2005)	Invasora Global (IUCN 2001)	Observaciones
Aves	Garcita bueyera (<i>Bul-bucus ibis</i>)	Si	Nativa de África pero ha ampliado su rango de distribución natural. Im-pacto en otras aves por competencia de nidos, desplazamiento de especies y depredación de especies nativas. Clasificado por IAvH (2010) como Alto Riesgo.
	Paloma europea (<i>Co-lumbia livia</i>)	Si	Impacto en edificaciones, en la salud pública y en las especies nativas. Cla-sificado por IAvH (2010) como Ries-go Alto.
	Monjita tricolor (<i>Lon-chura malacca</i>)	No	Impacto verificado en cultivos de otros países, en Colombia por revi-sar. Clasificado por IAvH (2010) co-mo Riesgo Alto.
	Gorrión Europeo (<i>Pas-ser domesticus</i>)	No	En pacífico Colombiano. Clasificado por IAvH (2010) como Riesgo Alto.
Peces	Trucha común (<i>Salmo trutta</i>)	Si	Originaria de Estados Unidos.
	Trucha arco iris (<i>On-chorhynchus mykiss</i>)	Si	Se cree que ha participado en la ex-tinción del pez graso (<i>Rhisozomi-chthystotae</i>) y el zambu-llidor andino (<i>Podiceps andinus</i>) (Alvarez-León, Gutiérrez-Bonilla, & Rodríguez-Forero, 2002).
	Tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloti-cus</i>)	Si	Especie invasora ampliamente ex-tendida en el país, actualmente se registra en 29 departa-mentos.
	Tilapia negra (<i>Oreoch-romus mossam-bicus</i>)	Si	De origen Norteamericana. Pobla-ciones esta-blecidas en las cuencas de los ríos Cauca, Cesar, Grande de La Magdalena, San Jorge y Sinú.
	Carpa (<i>Cyprinus carpa</i>)	No	Existe la posibilidad de cruces, mi-gración, extinción, de especies y mo-dificación de sus-tratos.
	Perca americana (<i>Mi-cropterus salmoides</i>)	Si	Originaria de Estados Unidos.
	Pez león (<i>Pterois voli-tans</i>)	No	Originaria del Indopacífico e intro-ducida por escape o de manera in-tencional desde la Flo-rida; se consi-dera como especie establecida en aguas marinas colombianas de alto riesgo según el análisis de riesgo rea-lizado por el Instituto von Humboldt (2010).

Vivienda y Desarrollo Territorial (2008, 2010a). Como puede verse, la aplicación del concepto de invasora al nivel local, regional y global varía (Moutou & Pastoret, 2010).

También, es llamativo que de acuerdo con la Ley 1011 de 2006, se permita la explotación de una especie invasora para Colombia según los listados del Instituto Alexander von Humboldt como lo es el caracol de jardín (*Helix aspersa*). Por tanto, la realización de estudios del impacto sobre la salud de la fauna y los ecosistemas de estas especies es una prioridad para desarrollar las políticas de manejo específicas y monitorear el efecto de las acciones actuales.

En Colombia está documentada especialmente la introducción en peces. Según el Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Álvarez-León *et al.*, 2002) se tiene el conocimiento de 23 especies trasplantadas y de 81 especies introducidas (esta cifra varía altamente entre los diferentes autores), de las cuales la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ha producido un alto impacto culpándosele de la participación de la extinción del pez graso (*Rhisozomichthys totae*) y el zambullidor andino (*Podiceps andinus*). Rueda (1998) citado por Rueda Almonacyd *et al.*, (2004) registró la introducción y trasplante de 16 especies de anfibios y reptiles en el país, destacando la introducción de la rana toro (*Litobathes catesbeiana*), la cual fue introducida ilegalmente y se encuentra con poblaciones establecidas con alto impacto sobre las especies nativas en el Valle del Cauca, Risaralda, Caldas, Cundinamarca y Sucre (Ministerio de Desarrollo Económico, 2002). La IUCN la tiene en el listado de las 100 especies más dañinas debido a que compite y depreda a otros anuros, culebras y tortugas, y las larvas pueden impactar las comunidades acuáticas por alteración de los bentos.

Dentro del manejo actual de la fauna procedente del comercio ilegal que se hace en la mayoría de los países latinoamericanos (Drews, 1999;

F. Nassar-Montoya & Crane, 2000), la liberación de animales procedentes del decomiso o con fines humanitarios representa un riesgo potencial para la introducción o trasplante de especies invasivas (al nivel de localidad, región o país) a pesar que actualmente hay lineamientos claros para este procedimiento a nivel internacional (ver por ejemplo, IUCN) y nacional (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b; Ministerio de Medio Ambiente de Colombia-MMA, s. F.). En el caso colombiano este riesgo persiste debido a que en general la infraestructura de los centros de recepción y rehabilitación de fauna decomisada sigue siendo deficiente y los presupuestos de operación limitan los procedimientos técnicos y de bioseguridad. Adicionalmente, las cifras de las liberaciones pueden ser importantes, ya que para ilustrar la dimensión de la problemática puede mirarse el caso de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (antes DAMA), que de acuerdo con Leguizamón & Estrada (2004) liberó directa o indirectamente (remitidos a otras instituciones para liberación) a 3.759 animales entre 1996 y 2003.

De todas formas es cierto que en Colombia hay deficiencia en la documentación de los efectos sobre los ecosistemas de la liberación intencional de especies nativas en el medio natural, a pesar que en el mundo hay evidencia de introducción de enfermedades y el crecimiento invasivo de una población reintroducida en un lugar por animales liberados con fines de conservación (R. Kock, Woodford, & Rossiter, 2010; Leguizamón & Estrada, 2004; Woodford & Rossiter, 1994). Jiménez & Cadena (2004) sugieren dos casos de invasión de especies exóticas por la liberación intencionada de animales. Primero, la introducción de psitácidos en el Valle de Aburrá a partir de liberaciones por parte del zoológico, para lo cual no se encontraron estudios que confirmaran o rechazaran esta hipótesis. Segundo, el reforzamiento de las poblaciones del chamón (*Molothrus bonariensis*) en la

Sabana de Bogotá por la liberación de ejemplares decomisados. Esto es poco probable debido a que esta zona corresponde a la distribución de la especie que ha sido favorecida por otros factores desde hace varias décadas (Asociación Bogotana de Ornitología, 2000) y el número de animales liberados difícilmente podría tener este impacto en tan corto tiempo (de acuerdo con el DAMA, actualmente SDA, se liberaron entre 1996 y 2007 un total de 17 ejemplares en el Parque la Florida, Bogotá).

USO NO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS

La sostenibilidad del uso de las especies es un tema que ha despertado alto interés y generado controversia debido a que aglutina diversas disciplinas, existe polarización en los conceptos y perspectivas, y los factores involucrados incluyen aspectos socioeconómicos, conservacionistas, humanitarios, culturales, políticos, etc. Por tanto, como ocurre en otras partes del mundo la información es extensa para Latinoamérica (ver por ejemplo, Beissinger & Snyder, 1992; Campos-Rozo, Ulloa, & Rubio-Torgler, 2001; T. G. Fang, Bodmer, Aquino, & Valqui, 1997; T.G. Fang, Montenegro, & Bodmer, 1999; J. G. Robinson & Redford, 1991; Sánchez, Morales, & López-Arévalo, 2001). Desde la perspectiva de salud de la fauna y los ecosistemas, podemos resaltar algunas propuestas metodológicas puntuales y prácticas para el manejo de la caza, que se han desarrollado a través de la participación local y responden a una problemática específica de sostenibilidad económica y ambiental en un sitio (Hilty-Taylor, 2000).

De todas formas, es indiscutible el alto impacto sobre algunas especies que tiene la explotación directa de la fauna silvestre como la cacería para consumo, la obtención de subproductos como plumas y pieles, y el comercio de mascotas; considerándose que es la segunda causa del

declive de las poblaciones naturales en el planeta (Redford & Robinson, 1987).

Presión por el consumo de subsistencia

La presión local sobre la fauna puede originarse de la simple necesidad de alimento por parte de las comunidades locales de indígenas y colonos (J. G. Robinson & Redford, 1991); uso que es tradicional en el neotrópico pues la proteína animal en algunas comunidades indígenas ha provenido casi o exclusivamente de la cacería (J. G. Robinson & Bennett, 2004; J. G. Robinson & Redford, 1991). Este aprovechamiento es permitido desde el punto de vista legal; como lo es por ejemplo en Colombia mediante el Decreto 1608 de 1978 que autoriza la caza de subsistencia, siempre y cuando no se produzca deterioro ambiental del recurso. Sin embargo, este concepto es de difícil interpretación y aplicación, ya que en situaciones de uso de subsistencia, incluso en comunidades indígenas, se registra agotamiento de las especies bajo presión de caza (Robinson & Bennett, 2004; Robinson & Redford, 1991), lo que ha sido documentado también para el país -ver por ejemplo, Bedoya-Gaitán (1996) y Ulloa *et al.* (1996).

Los investigadores se han preocupado principalmente por el impacto del uso en la disponibilidad de los recursos (como indicador de abundancia y riqueza) y las relaciones culturales de las comunidades con la fauna. Redford & Robinson (1987) relacionan las tasas de reproducción y las densidades poblacionales con la susceptibilidad a la extinción local por la cacería. Peres (2001) encontró sinergismo de la caza y el estado del hábitat (fragmentación) sobre la riqueza, biomasa y estructura de las comunidades de vertebrados en la Amazonia, debido a lo cual consideró que es poco probable que las regiones neotropicales puedan conservar las comunidades completas de aves y mamíferos. Por otra parte, Novaro *et al.* (2005; 2000) recomiendan que se considere el tamaño y la distribución espacial de la especie y no solamente las tasas demográficas,

en la evaluación de la sostenibilidad de la cacería, debido a que en lugares con caza intensa y espacialmente heterogénea pueden encontrarse dinámicas poblacionales Fuente-Vertedero. Corolario a esta recomendación, Sirén *et al.* (2004) proponen un método basado en el análisis espacial para diferenciar espacios donde puede haber o no cacería en un lugar.

Para Rowcliffe *et al.* (2003) la cacería de consumo humano debe abordarse como una problemática multi-especies, en la que la dinámica de la caza afecta al sistema multi-presa. También, en la actualidad se ha incrementado el interés por las relaciones con el bosque (Roe *et al.*, 2002). Wright *et al.* (2007) hacen una revisión de los trabajos que documentan los efectos de la caza sobre las relaciones planta-animal en el trópico, que conlleva a las alteraciones en las comunidades de plantas debido a cambios en la dispersión y/o predación de semillas y en la composición y patrón de distribución de las plántulas y arbustos.

Comercio legal e ilegal de fauna

Los volúmenes mundiales del mercado ilegal de fauna y flora silvestre son gigantescos, se calcula que al año moviliza entre 4 y 5 mil millones de dólares. Algunas entidades oficiales y privadas presentan estimativos en el neotrópico que son útiles para entender su dimensión, pero la verdad es que se desconoce la realidad de estas cifras. Además del impacto directo sobre las poblaciones silvestres por la extracción, el tráfico ilegal conlleva una serie de riesgos adicionales, como lo son la movilización de animales en condiciones inadecuadas y sin controles sanitarios, y la disposición de los individuos confiscados que involucra la liberación al medio natural (ver por ejemplo, Drews, 1999; Franke & Telecky, 2001; F. Nassar-Montoya & Crane, 2000).

Varios trabajos abordan la problemática de conservación del tráfico legal e ilegal de fauna en el neotrópico, los cuales se concentran en los

volúmenes del comercio, las problemáticas de mortalidad y bienestar durante el transporte, la comercialización, la tenencia como mascotas, el control, el decomiso y el manejo pos decomiso (Drews, 1999; F. Nassar-Montoya & Crane, 2000). Sin embargo, a pesar que a partir de las cifras de los volúmenes de animales comercializados se podría inferir la magnitud del impacto de la extracción ilegal de animales sobre las poblaciones naturales, la verdad es que los efectos sobre la salud de la fauna y sus ecosistemas están deficientemente estudiados.

En el caso colombiano, dentro de la aplicación de la Estrategia Nacional para la Prevención y Control del Tráfico Ilegal de Especies Silvestres (Ministerio del Medio Ambiente de Colombia-MMA, 2002), las corporaciones regionales (autoridades ambientales regionales) han venido compilando información que ayuda a entender la problemática con el fin de implementar acciones de manejo de animales decomisados, y su seguimiento y control. Por ejemplo en la Secretaría Distrital de Ambiente (antes DAMA) de Bogotá, Leguizamón & Estrada (2004) hicieron una revisión del tráfico ilegal de fauna en la ciudad de acuerdo con el volumen de animales que llegaron el centro de recepción de la entidad durante ocho años. Según los autores, entre 1996 y 2003 ingresaron 15.367 animales pertenecientes a 278 especies. Los grupos más representativos fueron Testudinata (4.970 individuos) en los reptiles, psitaciformes (3.427 individuos) en las aves, y primates (352 individuos) en los mamíferos.

En otro estudio realizado en este mismo lugar, Durán *et al.* (2000) habían concluido que los animales que llegaban al Centro de Recepción y Rehabilitación del DAMA provenían de todos los pisos térmicos (0-4.000 msnm), pero principalmente de los cálidos (menos de 1.000 msnm) pertenecientes a las unidades biogeográficas Orinoco, Cinturón Árido Pericaribeño y Chocó-Magdalena. Es decir que a Bogotá llegan ilegalmente animales de

diversas partes del país, lo que hace que la problemática no pueda entenderse solamente mediante unas cifras (sobre todo cuando se considera que la mortalidad es alta después de la captura y antes de la comercialización) que debido a las condiciones de transporte y mantenimiento.

Los centros de recepción y rehabilitación de fauna (o Centros de Atención y Valoración, Centros de Atención, Valoración y Rehabilitación) son entonces una respuesta de las autoridades ambientales y ONGs en Latinoamérica para darle alojamiento al alto volumen de animales que son decomisados vivos producto de la extracción, movilización y comercialización ilegal. Por lo tanto no son centros de conservación; y los recursos destinados a estos responden a una problemática específica, y compleja de grandes dimensiones, que compromete directamente factores humanitarios, sanitarios (salud pública y animal), legales y lógicamente conservacionistas. Según la IUCN (2002) las alternativas de disposición de los animales incluyen cautiverio, eutanasia y liberación al medio natural. Esta última está altamente controvertida como se discute más adelante (ver Consenso ético, más adelante), debido a los riesgos epidemiológicos, biológicos y comportamentales que representa la liberación cuando responde solamente a fines humanitarios, y no al resultado de un proceso de evaluación similar al que se realiza en los programas de reintroducción y reforzamiento de poblaciones con fines de conservación.

El reto no es sencillo ya que inclusive en estos últimos programas que tienen por lo general un gran soporte de recursos y tecnología, así como el respaldo e interés político; la información generada responde frecuentemente a evaluaciones oportunistas y a inferencias a partir de interpretaciones *post hoc* de los resultados de los monitoreos -cuando se hacen-, y no a el uso de modelos para evaluar la viabilidad de la reintroducción (Seddon, Armstrong, & Maloney, 2007); como

también debería utilizarse en el caso del manejo y disposición de la fauna decomisada.

En este punto, vale la pena analizar las rutas de los protocolos formulados por el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002) (que se pueden descargar de la página http://www.minambiente.gov.co/documentos/476_protocolo_fauna_decomisada.pdf) y la resolución 2064 del 2010 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010b), como ejercicio de evaluación de las posibles vías para la contaminación biológica, epidemiológica y comportamental de las poblaciones naturales en el país, ya que de acuerdo con el criterio de los autores, si estos se siguen de manera adecuada los riesgos para los ecosistemas naturales se minimizan, ya que es prácticamente imposible tener *Riesgo 0* [los resultados de los proyectos de reintroducción –a pesar que difieren de los de reinserción de fauna decomisada precisamente en que en estos últimos, los lugares de liberación deben tener poblaciones de la especie a liberar, muestran los riesgos por la posibilidad de contaminación a partir de los animales liberados: Kock *et al.* (2007) identifican y analizan una serie de amenazas inherentes a los proyectos de reintroducción que son útiles también para entenderlos peligros de la liberación de la fauna decomisada; Hughes *et al.* (2003) documentan la extinción de una camarón producida por una traslocación, Moritz (1999) expone factores relacionados con la contaminación genética y Ripple & Beschta (2003) sobre los cambios en la organización de los ecosistemas].

También, en el Caso 5-2 -Formación de tradiciones en un grupo de maiceros (*Cebus albifrons*) durante la rehabilitación- Capítulo 5 del presente libro, Clavijo *et al.*, identifican el riesgo de introducir comportamientos aberrantes que podrían convertirse en tradiciones a partir del ejemplo de un individuo, los cuales podrían pasar desapercibidos durante la rehabilitación y liberación. En la Tabla 4 se incluyeron solamente las condiciones *sine quanon* de los

protocolos, es decir las que obligatoriamente se deben cumplir para la toma de una decisión. Como puede observarse en esta, para liberar a un animal o hacerle eutanasia debe pasarse a través de una serie de filtros que garantizan la toma de decisiones de acuerdo con el mejor escenario para las condiciones específicas para el momento y lugar.

Por lo tanto, la información contenida en esta tabla podrá servir de guía para el entendimiento de las implicaciones que conlleva la disposición de animales decomisados en los países neotropicales y reflexionar sobre la calidad y seguridad de los procesos que se implementan en los centros a partir de la siguiente pregunta: ¿Qué tan sensibles son los procedimientos para poder detectar la amenaza de contaminación biológica, parasitaria o comportamental, para el lugar de destino o para los animales objeto del trabajo?.

Por otra parte, como limitante de los protocolos vemos que su aplicación requiere de altos costos de inversión y operación; debido a lo cual muy pocos lugares en Colombia y Latinoamérica

podrían disponer de la infraestructura, equipos y personal especializados para implementarlos, así como de los recursos monetarios para la movilización de personal en el campo.

Finalmente, se puede decir que de todas formas se ha ganado experiencia en Colombia en el manejo de fauna pos decomiso y se ha generado conocimiento mediante investigaciones sistemáticas en trabajos de pregrado y posgrado (ver por ejemplo, la revista *Conservación in-situ* del DAMA -Secretaría de Ambiente- de Bogotá y los documentos producidos por la Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Silvestres –URRAS- de la Universidad Nacional, Corantioquia, y el Centro de Atención y Valoración de la Universidad de la Amazonía y Corpoamazonía). Sin embargo, desafortunadamente la mayoría trabajos y experiencias no son divulgados o están poco documentados, lo que se refleja de acuerdo con Jiménez & Cadena (2004), en que muy pocas investigaciones sobre la temática hayan tenido acceso a revistas internacionales indexadas.

Tabla 4. Interpretación práctica de las condiciones e implicaciones de los protocolos para la disposición de animales confiscados en Colombia del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, sin fecha).

Disposición	Condición sine quanon	Qué implica	Alcances
Liberación	El animal no ha salido de Colombia.	No se pueden liberar animales que han sido decomisados (entregados) en el exterior o ingresando al país y/o que tengan historia de haber salido.	Se minimiza la probabilidad de contaminación biológica o parasitaria de especies exóticas.
	El animal ha sido identificado plenamente al nivel de especie, sub especie o población (según el caso).	Se debe tener la certeza de la identificación taxonómica de todo animal liberado, bien sea mediante caracteres morfológicos, genéticos y/o moleculares.	Se minimiza la probabilidad de contaminación biológica dentro del país.
	El animal no presenta limitación física irreversible.	No se liberan animales que puedan estar en desventaja física.	Se disminuye la posibilidad de sufrimiento pos liberación y se maximiza que los individuos sean aptos para integrarse a la población existente.
	Se conformó una unidad apta de liberación.	No se consideran individuos, sino unidades sociales (individuo, grupo o familia, etc.) de acuerdo con la especie, grupo etario y edad del animal, y condiciones del lugar de destino.	Se maximiza la posibilidad de adaptación y se minimiza el choque posliberación.

Disposición	Condición sine quanon	Qué implica	Alcances
Liberación (continuación)	El animal o grupo muestran una buena capacidad de adaptación al medio natural.	Asegura que el comportamiento y condición física de los animales son evaluados, y aunque el resultado siempre va a ser impredecible, se maximizan las probabilidades de éxito.	Se maximiza la posibilidad de adaptación de los animales.
	Se va a realizar control pos liberación para observar la sobrevivencia de los animales y posibles efectos negativos del proceso.	Se hace planeación de procedimientos pos liberación y de medidas de mitigamiento ante posibles efectos nocivos.	Se garantiza un sistema de seguimiento, control y mitigamiento.
	Se dispone un lugar apto para la liberación.	Se hizo la evaluación del lugar de liberación y se seleccionan acorde con los animales que se liberan.	Se minimizan los impactos negativos sobre el medio y se maximiza la posibilidad de adaptación y protección de los animales liberados.
	No hay sugerencia que el animal representa un riesgo para las poblaciones naturales o el ser humano.	No hay evidencia de que el animal va a producir un impacto negativo en el lugar seleccionado. Es decir, tiene que haber hecho una evaluación de comportamiento, médica y biológica acuerdo a la especie y el lugar. Esta lógicamente debe integrar ayudas diagnósticas de identificación de patógenos de importancia.	Se garantiza el análisis completo del animal y de los escenarios posibles de la liberación del animal en un lugar determinado y de los posibles efectos negativos o positivos en el ecosistema, y de posibles conflictos con las comunidades humanas locales.
Cautiverio	Se puede tener sin riesgo en cautiverio en Colombia.	Evaluación de las condiciones biológicas, médicas y de comportamiento.	Los animales no representan una amenaza biológica o física para las personas u otros animales en el lugar de destino.
Eutanasia	Representa el animal un riesgo inminente para la vida del personal o la comunidad.	Hay una amenaza evidente a la integridad física o salud del ser humano o de otros animales.	Se integra el concepto de bioseguridad al manejo de la fauna decomisada.
	Hay evidencia de que el animal está sufriendo, moribundo o tiene una enfermedad crónica terminal.	Se tiene un diagnóstico definitivo que motiva la decisión.	Bajo condiciones humanitarias se considera la eutanasia.
	Hay evidencia que es portador de un agente infectocontagioso no tratable, y no hay lugar que pueda alojarlo con seguridad.	Hay evidencia de riesgo biológico que no puede ser contenido.	Disminución de posibilidad de contaminación parasitaria. Bioseguridad de seres humanos y otros animales.

CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES

Los cambios climáticos globales se han convertido en una prioridad mundial que se demuestra por el creciente interés de los organismos gubernamentales e intergubernamentales para generar y compartir información, e implementar estrategias para disminuir los efectos de la actividad antrop-

génica sobre el clima y prepararse para el impacto de los cambios. Las acciones internacionales más importantes son quizás la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992 y la firma del Protocolo de Kyoto en 1997. La diferencia más importante entre los dos radica en que en el primero se incentiva a los países desarrollados a estabilizar las emisiones de gases con efecto invernadero, mientras que en

el segundo los compromete a hacerlo (información detallada sobre la Comisión y el Protocolo se puede encontrar en la página de Internet <http://unfccc.int>).

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC (2007), el calentamiento global es evidente por el incremento de la temperatura del aire y los océanos, el derretimiento de la nieve y los hielos y, el incremento del nivel de los océanos. Este mismo grupo (IPCC, 2002), argumenta que ha habido efectos importantes sobre la biodiversidad, al afectar la distribución y dinámica de enfermedades como malaria, dengue y encefalitis, y la fisiología, morfología y conducta de algunas especies visibles por alteraciones en la reproducción, crecimiento y migración. Sin embargo, la vinculación de variables relacionadas con el cambio climático y los ecosistemas no es fácil, ya que según ese trabajo las conclusiones se realizaron a partir solamente de 44 estudios de 2.500 revisados, que cumplieron los criterios de selección que requerían como mínimo contener información de más de 20 años e incluir la variación de las temperaturas. De todas formas es alarmante que de un total de 59 plantas, 47 invertebrados y 427 vertebrados, el 80% mostraron las alteraciones biológicas esperadas, mientras el 20% no presentó este patrón y por el contrario en el sentido opuesto.

Temperatura y precipitación

Los cambios climáticos tienen su origen en la variación de factores como emisión solar, órbita de la tierra, composición atmosférica, albedo y sistema atmósfera-tierra, por ejemplo, erupciones volcánicas y cubrimiento por las nubes. El incremento del efecto invernadero (principalmente por los gases dióxido de carbono, Clorofluorocarbonos y halotanos, metano, óxido de nitrógeno y ozono) tiene consecuencias climáticas. La temperatura de la superficie terrestre se ha incre-

mentado de manera no uniforme, alrededor de 0,6°C ($\pm 0,2^\circ\text{C}$) desde finales del siglo XIX y 0,4°C ($\pm 0,2$ a $0,3^\circ\text{C}$) en los últimos 25 años, siendo el calentamiento mayor en Norte América y Eurasia (National Climatic Data Center, 2004). Como consecuencia se presenta la expansión termal del océano y posiblemente el derretimiento de los glaciares (IPCC, 1990 citado por WHO, 1990), que ha llevado a que el nivel global medio del océano haya subido un promedio de 1 a 2 mm anuales en los últimos 100 años.

Se sugiere también que están ocurriendo cambios en la precipitación e incremento de las variaciones climáticas y meteorológicas, pero estos son heterogéneos a través del globo, pues por ejemplo en el periodo 1900-2005, la precipitación incrementó significativamente en partes del este de Norte América y Sur América, norte de Europa y norte y centro Asia, pero declinaron en Sahel, el Mediterráneo, sur África y partes del sur de Asia (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, 2007).

Un fenómeno que está teniendo alta importancia en el neotrópico desde la década de 1970 es el conocido como la Oscilación Austral de El Niño (ENOA), ya que afecta las temperaturas y precipitaciones regionales. El futuro de acuerdo con este mismo documento no es nada halagador, ya que se estima que la temperatura media de la superficie del planeta aumente 1, 4° - 5,8° entre 1990-2100 y se incremente la precipitación anual durante el siglo XXI, con variaciones de más/menos 5- 20 % de la escala regional.

El impacto del calentamiento global y las variaciones meteorológicas sobre la fauna puede ser variable de acuerdo con el lugar, la especie, las condiciones geográficas, las características bióticas y abióticas, y las relaciones sinérgicas entre todos estos. Aunque en general se espera un efecto negativo sobre la fauna, se sugiere que algunas especies podrían favorecerse, como lo es el ejemplo de los anfibios y reptiles (Araújo *et al.*, 2006).

Sin embargo, bajo el prospecto de variaciones meteorológicas extremas con el consecuente incremento de catástrofes y las alteraciones de las relaciones de los parásitos y los huéspedes, se espera un aumento en los eventos de enfermedades con el concomitante declive de las poblaciones naturales (M. C. Fisher, 2007).

Radiación

Los gases clorofluorocarbonados se relacionan también (además del efecto invernadero) con la disminución de la capa de ozono, el cual absorbe principalmente rayos con longitud de onda de 290-325 nm (UV-B). Esto repercute entonces, en que se hayan incrementado los rayos UV activos biológicamente, con elevación de las patologías de la piel incluyendo el cáncer, alteración en la respuesta inmune y enfermedades oculares (Burdon, 1999; World Health Organization-WHO, 1990).

A pesar que de acuerdo con la NASA (1988) citado por WHO (1990) la información en la zona ecuatorial era muy vaga para ser analizada, se registraba un aumento mínimo de las emisiones de rayos UV solares en los países tropicales. Según Giannini (1992) e Ilyas (1991) los efectos por UV son mayores en esta zona debido a que en esta se encuentran las más altas radiaciones del planeta. También, el Ideam asevera que se encuentran altas radiaciones UV en el 9,4 % de la superficie colombiana, principalmente en las tierras por encima de 2.000 msnm. Esto último es coherente con los estudios que se han realizado en mamíferos silvestres en cautiverio en la sabana de Bogotá a 2.650 msnm (Cundinamarca, Colombia), en los que se registra una alta incidencia de lesiones actínicas dérmicas y oculares (Arias-Bernal, Vásquez, Nassar-Montoya, Palma, & Calvo, 2003; Centro de Primatología Araguatos, 2004; Cuadros, 1997). La radiación UV se ha asociado con mortalidad embrionaria, alteración en el desarrollo, daño de la piel y retina, y trastornos en el comportamiento (Blaustein *et al.*, 2003).

Información sobre el clima y cambio climático en Colombia

En Colombia existe información bastante completa que se constituye en una ayuda valiosa para las personas trabajando en la salud de la fauna y los ecosistemas. Por ejemplo, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –Ideam-(2001) presenta un trabajo interinstitucional que analiza el cambio global y examina las circunstancias nacionales, como la emisión y mitigación de los gases con efecto invernadero (GEI), la vulnerabilidad y adaptación a los cambios por zonas, sectores y recursos; siendo muy útiles para el trabajo en la salud de la fauna, los de las coberturas vegetales, ecosistemas y la salud. También en la página de internet del Instituto (www.ideam.gov.co) puede consultarse información histórica y en tiempo real de las condiciones hidrológicas y meteorológicas en Colombia y permite (alguna información tiene costo o puede no estar disponible) hacer consultas del Sistema de Información Ambiental y de los metadatos geográficos que contienen fichas con la información digital referentes a productos gráficos o informaciones geográficas.

Sin embargo, no se encontraron estudios que documentaran los efectos del cambio climático sobre la salud de la fauna en el país, aunque de otra parte, se sugiere que este sería uno de los factores que podrían estar afectando las poblaciones naturales de las ranas del género *Atelopus* (La Marca *et al.*, 2005). Calvachi (2003) sugiere que la presencia en los humedales Bogotá (piso térmico frío) de fauna exótica distribuida normalmente en pisos cálidos, se debe al calentamiento. Estos serían los casos de *Aratiga pertinax*, *Cyanocorax affinis* y *Quiscalus lugubris*.

DINÁMICA Y EMERSIÓN DE ENFERMEDADES

Existen otras causas de extinción más difíciles de entender, predecir y cuantificar y por tanto, son

subestimadas con frecuencia. Por ejemplo, en los últimos 500 años, según la IUCN, se han extinguido 833 especies de las cuales únicamente al 3,7% de ellas se le ha atribuido, por lo menos parcialmente, una enfermedad infecciosa como causa. De las 2.852 especies de plantas y animales en peligro crítico en la actualidad, sólo el 8% lo están por enfermedades (Smith, Acevedo-Whitehouse, & Pedersen, 2009).

Los disturbios en los sistemas sugieren alteraciones en la dinámica de la población, no solamente de la especie, sino de todos los factores bióticos, incluyendo agentes infecciosos y vectores, disponiendo a la emergencia de enfermedades que amenazan la conservación (Gilbert, 1994). El impacto de los agentes infecciosos en la supervivencia, reproducción o dispersión, puede afectar la abundancia relativa y la estructura de la comunidad, la dispersión y la diversidad genética (Scott, 1988; Smith *et al.*, 2009). Los patógenos pueden perturbar negativamente a las especies menos adaptadas (a las modificaciones), lo que sugiere una competencia por espacios libres de parásitos (Stiling, 1992; Wolff, 1993).

En la actualidad se está observando una “explosión” de enfermedades en la fauna silvestre, los animales domésticos y el ser humano, que amenazan la biodiversidad. Los factores que se mencionan para la emergencia de enfermedades son varios, e incluyen cambios ecológicos debidos al desarrollo económico y uso de tierras, el crecimiento y comportamiento de la población humana, el comercio y movilización de personas internacionalmente, globalización y cambios en la tecnología e industria, cambio y adaptación microbial y fallas en los programas de salud pública (Morse, 1995). De acuerdo con Daszak *et al.* (2000) la emergencia de enfermedades en la fauna silvestre se asocia con tres factores: el desbordamiento de patógenos de animales domésticos a los silvestres, la intervención humana por la movilización de parásitos y/o huéspedes, y eventos no relacionados con ser humano o los animales domésticos. En la Tabla 5 se listan algunas enfermedades parasitarias que se han asociado con el declive o extinción de poblaciones locales naturales de fauna.

Tabla 5. Enfermedades parasitarias que se han asociado con el declive o extinción de poblaciones silvestres o con eventos de extinción de especies.

Enfermedad y Agente	Especie afectada y lugar	Referencias
Virales		
Influenza aviar (virus de influenza aviar de alta patogenicidad H5N1)	Disminución en 10% de la población global del ganso calvo (<i>Anser indicus</i>) en China	H. Chen <i>et al.</i> (2005); H. L. Chen <i>et al.</i> (2006); Liu <i>et al.</i> (2005)
Virus distemper focino	Declinación de poblaciones de foca común (<i>Phoca vitulina</i>) en el norte de Europa y Reino Unido	R. Dietz, Heide-Jørgenson, & Härkönen (1989); Hall, Jepson, Goodman & Härkönen (2006)
Distemper canino (Virus distemper canino)	Pérdida de una tercera parte de la población de león (<i>Panthera leo</i>) en la Reserva del Serengeti (Tanzania)	Guiserix, Bahi-Jaber, Fouchet, Sauvage & Pontier (2007); Roelke-Parker <i>et al.</i> (1996)
Distemper canino (Virus distemper canino)	Extinción de la especie de hurón pies negros (<i>Mustela nigripes</i>) en vida silvestre disminución de la población <i>ex situ</i> , de USA.	Hall <i>et al.</i> (2006); Thorne & Williams (1988); Williams, Thorne, Appel & Belitsky (1988)
Rinderpest (virus de la peste bovina)	Búfalo africano (<i>Syncerus caffer</i>), África	R. Kock <i>et al.</i> (1995)

Enfermedad y Agente	Especie afectada y lugar	Referencias
Rabia (virus de la rabia)	Lobo etíope (<i>Canis simensis</i>) en el Valle Web y la Meseta de Saneti	Sillero-Zubiri, King & Macdonald (1996)
Rabia (virus de la rabia)	Perro salvaje africano (<i>Lycaon pictus</i>) en Serengeti	Gascoyne, Laurenson, Lelo & Borner (1993)
Parvovirus canino (virus de l	Se sospecha de la declinación de las poblaciones del lobo gris (<i>Canis lupus</i>) en varios estados de Estados Unidos por efecto de la mortalidad de cachorros	M. Johnson, Boyd & Pletscher (1994); Mech, Goyal, Paul & Newton (2008); Parrish, O'Connell, Evermann & Carmichael (1985)
Fiebre amarilla (virus de la fiebre amarilla)	Declinación de poblaciones de monos aulladores (<i>Alouatta sp.</i>) en Centroamérica y Argentina	Crockett (1998); Holzmann <i>et al.</i> (2010)
Ebola (Virus Ebola-Zaire)	Declinación de las poblaciones de gorilas y chimpancés en África	Bermejo <i>et al.</i> (2006); Kaiser (2003); Leroy <i>et al.</i> (2004); Vogel (2007)
Enfermedad viral similar a distemper canino	Extinción del tigre o lobo de Tasmania (<i>Tyhyacinus cynocephalus</i>). En asociación con otras causas.	De Castro & Bolker (2005); McCallum & Dobson (1995)
Parapoxvirus de ardilla	Declinación de la población de la ardilla roja (<i>Sciureus vulgaris</i>) en el Reino Unido	Sainsbury, Nettleton, Gilray, & Gurnell (2000); K. Thomas <i>et al.</i> (2003); Tompkins, Sainsbury, Nettleton, Buxton & Gurnell (2002)
Bacteriales		
Pasterellosis (<i>Pasteurella sp.</i>)	Carnero de Canadá (<i>Ovis canadensis</i>)	Jessup, Boyce & Clarke (1991)
Plaga selvática (<i>Yersinia pestis</i>)	Declive de las poblaciones del perro de la pradera, USA	Cully & Williams (2001)
Micóticas		
<i>Aphanomyces astaci</i>	Especies nativas europeas de langostas de agua dulce (Crustacea, Astacidea), Europa	Alderman (1996)
Síndrome de la nariz blanca (<i>Geomyces destructans</i>)	Mortalidades masivas de murciélagos en sitios de hibernación y declinación de poblaciones en el Este de Estados Unidos y Canadá	Foley, Clifford, Castle, Cryan & Ostfeld, (2011); Frick <i>et al.</i> (2010); Reichard & Kunz (2009)
Quitridiomycosis (<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>)	Extinción de la especie australiana <i>Taudactylusa cutirostris</i> y mortalidades masivas y declinación de 43 especies de anuros en Latinoamérica y 93 en todos los continentes	Daszak & Cunningham (2000); Lips <i>et al.</i> (2006); Mendelson <i>et al.</i> (2006); Rosenblum, Voyles, Poorten, & Stajich (2010); Schloegel <i>et al.</i> (2006)
Protozoarios		
Malaria aviar. (<i>Plasmodium sp.</i>) y Poxvirus aviar	Extinción de 13 especies de aves de la isla de Hawaii	van Riper, van Riper, Lee Goff, & Laird (1986)
<i>Steinhausia sp.</i>	Extinción global del caracol de tierra (<i>Partula túrgida</i>) de la Polinesia Francesa	Cunningham & Daszak (1998); Daszak & Cunningham (1999)
Cólera aviar (<i>Pasteurella multocida</i>)	Ocasiona epizootias explosivas periódicas con alta mortalidad que afectan las poblaciones de aves acuáticas en Estado Unidos. Poblaciones de aves acuáticas (<i>Diomedea chlororhynchos</i> , <i>D. amsterdamensis</i> , <i>Phoebetria fusca</i>) de la Isla de Amsterdam en el Océano Índico	Botzler (1991); Weimerskirch (2004)
Otros		
Enfermedad del tumor facial del demonio de Tasmania (líneas celulares tumorales infectivas)	Disminución del 60 - 80% la población de los demonios de Tasmania (especie endémica) en Australia	C. E. Hawkins <i>et al.</i> (2006); McCallum, (2008); Murchison <i>et al.</i> (2010)

Si se mira con cuidado la Tabla 5, puede notarse que solamente hay dos enfermedades registradas en poblaciones naturales de Latinoamérica, la quitridiomycosis en anfibios y la fiebre amarilla en primates. Es posible entonces, que como ocurre en Colombia, en el resto de la Región se genere insuficiente información para documentar las relaciones entre las enfermedades y las dinámicas de las poblaciones y comunidades faunísticas. Por razones que no dejan de ser lógicas, por lo menos en un principio, se puede decir que el estudio de las enfermedades para la conservación no es una prioridad de investigación por las pocas implicaciones socioeconómicas, al menos a corto plazo. Es así como, por ejemplo, las facultades de las ciencias veterinarias le han dado prioridad a los sistemas de producción (incluyendo zootecnia y acuicultura) y a aquellas actividades de importancia socioeconómica (por ejemplo, equinos y mascotas).

Incluso en el estudio de enfermedades que representan alta importancia para la salud pública como lo es la fiebre amarilla, es poco lo que se ha estudiado sobre la dinámica de los parásitos en los animales dentro del bosque y las implicaciones de conservación del ecosistema que tienen las epizootias; a pesar que la información sobre el parásito, el vector y la enfermedad, es abundante y se han identificado claramente los ciclos al nivel selvático y urbano. Este desconocimiento ocurre indudablemente en otros países latinoamericanos, ya que siguiendo con el ejemplo de la fiebre amarilla, a principios de 2008 los autores recibieron una llamada proveniente de un país del sur del continente, motivada por la preocupación de algunas personas por la propuesta que había para controlar una epidemia de la enfermedad mediante el sacrificio de monos aulladores silvestres.

Una enfermedad que reviste alta importancia para la salud de la fauna, los animales domésticos y los seres humanos es la Influenza aviar, que se considera en la actualidad exótica para Colombia. Desafortunadamente, a pesar que su estudio en

la vida silvestre es prioritario para entender la dinámica del virus y diagnosticar tempranamente señales de alarma, se observa resistencia y poco interés para hacer investigación en las aves nativas y migratorias, ya que los escasos esfuerzos que se han hecho se han enfocado en la vigilancia epidemiológica en unos pocos lugares del país. Por otra parte, la Influenza aviar es también un buen ejemplo de la alta responsabilidad que tienen los investigadores sobre el manejo de la información procedente de los estudios en vida silvestre, ya que en este caso la divulgación inapropiada tendría serias consecuencias socioeconómicas para el país y la región, como ocurrió durante el brote de Fresno (en el departamento del Tolima, Colombia) en 2005 en aves de corral por una cepa N2H9 de baja patogenicidad.

Es verdad que en Colombia hay algunos trabajos sobre las enfermedades y la salud de la fauna y los ecosistemas naturales, pero estos son exiguos si se considera el hecho que es un país megadiverso con problemas de conservación y en riesgo de emergencia de zoonosis de vida silvestre. Algunas investigaciones que llaman la atención por su pertinencia, de acuerdo con la información que se muestra en la Tabla 5, son las realizadas Velásquez (2006), Furrer & Corredor (2008) y Ruiz & Rueda-Almonacid (2008), en quitridiomycosis en anfibios, éstos últimos encontraron evidencia del hongo en tres de 53 especies examinadas. Este es un hallazgo importante, pero no sorprendente, si se considera que el hongo ya había sido diagnosticado en centro y sur América, y sí refuerza el hecho la falta de información sobre el papel de las enfermedades en la salud de la fauna y sus ecosistemas. Es decir, de una manera coloquial se puede decir que se necesitaba buscarlo para encontrarlo.

Quizás este mismo principio aplica para el entendimiento del efecto de las fumigaciones para el control de los cultivos ilícitos, en coherencia con el estudio ya mencionado anteriormente de Eslava-Mocha *et al.* (2007) de la Universidad de los Llanos.

No hay reportes del declive de poblaciones naturales debido a enfermedades en Colombia, a pesar de que algunos eventos sugieren que puede haber presentado recientemente casos de mortalidades masivas, con impacto sobre las poblaciones. Por ejemplo, en la epizootia de fiebre amarilla ocurrida en 2003 en el país se registraron altas mortalidades con la aparente (no confirmada) disminución de las densidades de monos aulladores (*Alouatta seniculus*) en algunos lugares de la Costa Atlántica. También, de acuerdo con Parques Nacionales Naturales de Colombia (ponencia en el Taller sobre Influenza Aviar en Bogotá -2008- organizado por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial), se registró en 2008 la mortalidad masiva de pelícanos en el Parque Nacional de Gorgona posiblemente por un parásito bacteriano. Lamentablemente, en ninguno de estos casos se hizo seguimiento posterior.

Son muchas las enfermedades que representan alto interés para la salud de las poblaciones animales naturales en el país y continente, por factores como por ejemplo, la dinámica actual de la enfermedad, la amenaza que ésta representa para la conservación por sus tasas de mortalidad o morbilidad, el papel que tienen las poblaciones migratorias en la epidemiología, las implicaciones socioeconómicas y su impacto potencial en la salud animal salud pública. Lógicamente, esta es una discusión dinámica en lo que habría argumentos suficientes para incluir un listado amplio de patógenos, pero aquí se señalan los que a criterio de los autores son prioritarios para Colombia, bien sea por el interés que representen para las políticas socioeconómicas y comerciales nacionales y mundiales, y/o el riesgo para las poblaciones naturales (Tabla 6).

EL CONCEPTO DE LA SALUD EN LA CONSERVACIÓN

Aproximación a la salud de la fauna

El concepto de salud se constituye quizás en un reflejo de la forma como una sociedad se concibe a sí misma dentro de un entorno y momentos determinados. A pesar que el concepto global recogido por la Organización Mundial de la Salud –OMS– la define como “*un estado de bienestar físico, mental y social completo y no solamente la ausencia de enfermedad o debilidad*”, la verdad es que para muchos (y muchas sociedades) esta definición es utópica, y la salud se relaciona más con la capacidad de alcanzar los objetivos propios de progreso personales y comunitarios. Es decir, desde este enfoque la salud humana está ligada al concepto de desarrollo de cada sociedad debido a lo cual necesariamente tiene que incluir elementos ambientales, socioeconómicos, políticos y culturales propios. Con base en un estudio sociológico sobre la enfermedad de chagas en Argentina, Kreimer y Zabala (2007) argumentaban las limitaciones del enfoque positivista de la salud de las consecuencias sociales en el contexto latinoamericano que este ha tenido: “*es reconocida como la principal endemia de América Latina, ya que afecta alrededor de dieciocho millones de personas en la región (OMS, 2000)... Si nos atenemos al plano cultural, un estudio (Sanmartino y Crocco, 2000) muestra cómo las propias personas de las zonas endémicas tienden a “naturalizar” la existencia de la enfermedad y a minimizar su importancia en sus discursos, incorporando la enfermedad de Chagas como algo “propio” de sus condiciones de vida*”.

Por lo tanto, más allá de que se pueda percibir a la salud como un estado de balance; la forma como se determinan y valoran las relaciones

Tabla 6. Importancia del estudio en fauna silvestre de algunas enfermedades en Colombia, según sus potenciales efectos sobre la conservación y la economía y/o salud pública.

		Importancia para conservación	
		Baja	Alta
Importancia económica y/o para la salud pública	Baja		<p>- Fibropapilomatosis. Afecta las tortugas marinas. No existe actualmente ninguna iniciativa en el país para su estudio.</p> <p>- Quitridiomycosis. Se ha extendido en Latinoamérica, se dice que produjo extinción o declive de algunas poblaciones de anfibios. En Colombia está siendo estudiada por varias instituciones y universidades.</p>
	Alta	<p>- Brucelosis. La campaña de control de Brucelosis Bovina busca certificar al país como libre en 2020 (Conpes 3376 de 2005) y zonas libres de la enfermedad a partir del año 2008.</p> <p>- Encefalitis equina (EEE, EEV). Enfermedades de notificación obligatoria en salud pública. Se relacionan con las lluvias e inundaciones. Hay desconocimiento sobre el papel de la fauna en la dinámica selvática del parásito.</p> <p>- Fiebre aftosa. El Programa Nacional de Erradicación de la Fiebre Aftosa (Ley 395 de 1997) tenía la meta de obtener estatus de país libre con vacunación en 2009 (Conpes 3376 de 2005). En Colombia el último foco registrado fue en Bogotá en 2005, correspondiente a Fiebre Aftosa Tipo A. No se encontraron registros de casos de la enfermedad en especies silvestres en el país.</p> <p>- Hantavirus. Enfermedad emergente en la cual la dinámica de las poblaciones de roedores silvestres juegan un papel importante en la ecología de la enfermedad (Schmaljohn & Hjelle 1997).</p> <p>- Leishmaniosis. Es de notificación obligatoria en salud pública. En la década de 2000 se registró el incremento de casos en humanos en el país. Perezoso, puerco espín, oso hormiguero, zarigüeya y rata silvestre se consideran reservorios.</p> <p>- Leptospirosis. Enfermedad de notificación obligatoria en salud pública. Se reporta aumento de casos, lo que se relaciona con las lluvias e inundaciones ocurridas en los últimos años en Colombia. Se desconoce la dinámica del parásito en ecosistemas naturales.</p> <p>- Peste Porcina Clásica. El Programa de Erradicación de PPC (Ley 623 de 2000) buscaba obtener estatus del país libre con vacunación en 2010 (Conpes 3458 de 2007). El MAVDT ya realizó un estudio base en animales silvestres establecer el programa en especies silvestres.</p> <p>- Tuberculosis bovina: La campaña de erradicación de Tuberculosis bovina – TBC tiene la meta de obtener estatus de país libre de TBC en 2015.</p>	<p>- Fiebre Amarilla. Alta importancia en salud pública en Latinoamérica. También puede producir impacto importante en las poblaciones de primates, principalmente <i>Alouatta seniculus</i>.</p> <p>- Influenza Aviar. Enfermedad de alta importancia global. De acuerdo a el Conpes 3468 de 2007 se considera al Colombia libre del virus de alta y baja patogenicidad, y según este mismo documento la cobertura de vigilancia se debe hacer en aves comerciales, traspato, combate y silvestres. El MAVDT planeó y se encuentra ejecutar el Plan Nacional de Vigilancia de la enfermedad en las aves silvestres, sin embargo hace falta fortalecer la investigación en las poblaciones de aves silvestres.</p> <p>- Newcastle. El Conpes 3468 establece el control oficial de la enfermedad y la creación del Plan Nacional para la Prevención, Mitigación y Respuesta, con el objetivo de erradicarla para 2025. Aunque en Colombia no se ha reportado para fauna silvestre indudablemente representa una amenaza, ya que se sugiere que algunas especies pueden ser portadoras y la enfermedad ha tenido impacto importante en poblaciones naturales en otros países (G. Wobeser et al., 1993).</p> <p>- Rabia silvestre. De acuerdo con ICA se observa incremento en los casos de rabia silvestre en Colombia entre 2001 y 2005 (Orjuela, Díaz, González, Ortiz, & Monroy, 2007). Brito et al. (2005) identificaron las zonas de riesgo para el país. Esta información es útil para establecer los sitios prioritarios para la realización de trabajos encaminados a entender la ecología de la rabia silvestre y generar información básica para implementar acciones de prevención y manejo más efectivas y con menor detrimento del ecosistema, ya que tradicionalmente se ha hecho mediante la vacunación de animales expuestos y el control de las poblaciones de murciélagos hematófagos. Se desconoce la dinámica de la enfermedad en otras especies (por ejemplo carnívoros) en que se reportan impactos importantes en otros países.</p> <p>- Virus del Nilo Occidental. Enfermedad emergente de importancia global en salud pública y animal que se ha propagado por el Caribe desde su aparición en 2001. Su comportamiento en el neotrópico es incierto (Komar & Clark, 2006).</p>

entre el organismo, el ambiente y el entorno social puede variar profundamente. Por ejemplo, Da Silva en Waltner-Toews et al. (2001) argumentaba que la diferenciación entre enfermedades tropicales y no tropicales responde más a la actitud ante el desarrollo por parte de los países industrializados que a un criterio científico. En el caso de la salud animal se incurre adicionalmente a una trampa mental generada del antropomorfismo que implica el concepto mismo, de manera que al nivel individual o social se atribuyen arbitrariamente los significados de bienestar, enfermedad y productividad de acuerdo con los valores y forma como se genera la relación humano (sociedad)-animal. Por lo tanto, estos conceptos muchas veces dependen más de los paradigmas generados por las necesidades y actitudes humanas que del entendimiento del organismo, comunidad y/o ecosistema.

Es así por ejemplo, como en los últimos años se ha hecho evidente el incremento del interés por la salud de la fauna debido a la preocupación por la emersión de zoonosis (Daszak & Cunningham, 2000; Jones et al., 2008), con el consecuente replanteamiento de la conceptualización de la salud que deriva en la creación de nuevas disciplinas y que finalmente tienen un propósito generalizado: la unificación de la salud. Corolario a esta corriente, el Comité sobre las Necesidades Nacionales para la Investigación en las Ciencias Veterinarias de Estados Unidos (Committee on the National needs for Research in Veterinary Sciences, 2005) recomienda que la práctica e investigación de la medicina veterinaria contribuya al entendimiento de Una Salud, que integra la salud animal, de los ecosistemas y la humana. Esto sin embargo, evidentemente requiere de replanteamientos profundos de los modelos disciplinares positivistas de la salud hacia metodologías que faciliten el diálogo entre diferentes

corrientes de pensamiento y métodos de estudio científicos y tradicionales.

La vinculación de la ecología y la medicina en torno de la salud no es nueva [ver por ejemplo a Pavlosky (1964), Galuzo (1975), Ferris (1967)], pero aun en la actualidad la integración de los elementos médicos, ecológicos y sociales tiene sus dificultades, como lo muestra el debate de Waltner-Toews y otros (2001) sobre la pertinencia y la aplicabilidad de la salud ecológica en la salud humana, y que indudablemente ayuda al entendimiento de la salud animal.

Si bien es cierto que Van Leeuwen et al. (1998) contribuyeron a la aclaración de los papeles intradisciplinarios al delimitarlos conceptos salud y medicina (la primera se refiere a lo que se desea en términos de bienestar y productividad por lo que concierne a todos y a muchos campos del conocimiento; mientras que la medicina busca evitar, prevenir o tratar enfermedades con base en un conocimiento biomédico), algunas diferencias estructurales y funcionales entre el organismo y el ecosistema podrían explicar porqué no es fácil volver transversal e interdisciplinario el concepto de una salud. La verdad es que la salud individual ha estado vinculada al concepto médico y la salud del ecosistema al de la ecología (Rapport, Constanza, & McMichael, 1998), lo que es lógico se consideran las diferencias entre el organismo y el ecosistema que de acuerdo con Ostfeld et al. (2002) incluyen, el grado de integración de sus componentes (es más alto en el organismo), el organismo presenta rangos normales medibles mientras en el ecosistema es difícil definir normalidad, el tamaño de la muestra al nivel de ecosistema es generalmente pequeño pudiendo ser de solo uno (puede ser único) y los controles en las tasas de flujo son diferentes, ya que en los ecosistemas son abiertos a las fuerzas externas, no mantienen o buscan una estabilidad, están bajo alta influencia de fuerzas estocásticas,

están influenciados por las idiosincrasias de las comunidades que la componen y su reciente historia, están sujetos a disturbios naturales y han experimentado influencias antropogénicas por miles de años. Los organismos por otra parte, están altamente regulados internamente, tienden al equilibrio (homeostasis) y pasan por cambios direccionales determinísticos.

No hay duda de que la integración de la salud humana a la animal y de los ecosistemas representa un alto beneficio para la primera. Las alteraciones en los diferentes niveles de la salud animal (incluye la fauna) y sus ecosistemas repercuten en el bienestar de las comunidades humanas; como por ejemplo, por el trastorno en la productividad del sistema y la emersión de agentes patógenos (E. Chivian & Bernstein, 2008). Sin embargo, sería una lástima que la integración de una salud quedara solamente en una propuesta dirigida a satisfacer las necesidades humanas de manera unidireccional y reduccionista. Más bien, debería verse como una oportunidad de abordarla desde una estructura de pensamiento complejo con organización holárquica de las diferentes áreas del conocimiento que la componen (transdisciplinaria), como propone por ejemplo, la medicina de la conservación visualizada a partir de un diagrama de Venn.

La posibilidad de aplicación de las propuestas holárquicas para la aproximación de la salud debe analizarse a partir de la organización y jerarquización actual de las ciencias que se relacionan con la salud, ya que aunque muy posiblemente pocos son los que ven las bondades y alcances de la aproximación multidisciplinaria, su realización en ocasiones puede no ser práctica o no responder a las expectativas generadas, quizás debido a los intereses y paradigmas disciplinarios.

En la Figura 2 se compara un diagrama realizado por los autores que representa el pensamiento tradicional antropocentrista que ha dominado las ciencias de la salud, con los de la Medicina

de la Conservación (A. A. Aguirre *et al.*, 2002) y Una Salud (Committee on the National Needs for Research in Veterinary Science, 2005). En el primero el ser humano es el fin último de la salud total, consecuentemente el principal interés por la fauna se deriva de la relación vida silvestre-enfermedad-animal doméstico y/o ser humano, en la cual se visualiza fauna-ecosistemas naturales como fuente o reservorio de enfermedades. En este modelo los estudios en la salud de la fauna se enfocan primordialmente en las enfermedades de importancia económica y/o de salud pública (por ejemplo, fiebre amarilla, malaria, rabia silvestre, brucelosis, encefalitis por virus del Nilo occidental, influenza aviar y hantavirus) dentro de los cuales la intervención del ecosistema es factor de riesgo. Por otra parte, los diagramas de la Medicina de la Conservación y Una Salud representan organizaciones más holárquicas mediante diagramas de Venn de tres círculos, cada uno de los cuales significa un área de la salud con áreas que se sobreponen y muestran las posibles relaciones lógicas y la formación de subconjuntos en las zonas superpuestas con las características que son comunes.

A pesar que en los dos diagramas la salud se compone de tres áreas fundamentales: humana, animal y ecosistema, la forma de organización y las relaciones entre unas y otras varían entre los dos. Los círculos de la Medicina de la Conservación representan respectivamente a la salud animal, la salud de los ecosistemas y la salud humana; mientras los pertenecientes al diagrama de Una Salud a la salud fauna-ecosistemas, la salud de animales domésticos (incluye de producción y compañía) y la salud humana. Este último arreglo quizás demuestra un pensamiento más tradicional al demarcar una línea de separación entre la medicina de la fauna y la medicina de los animales domésticos, hecho que continúa aún muy arraigado en la formación y práctica profesional de la medicina veterinaria.

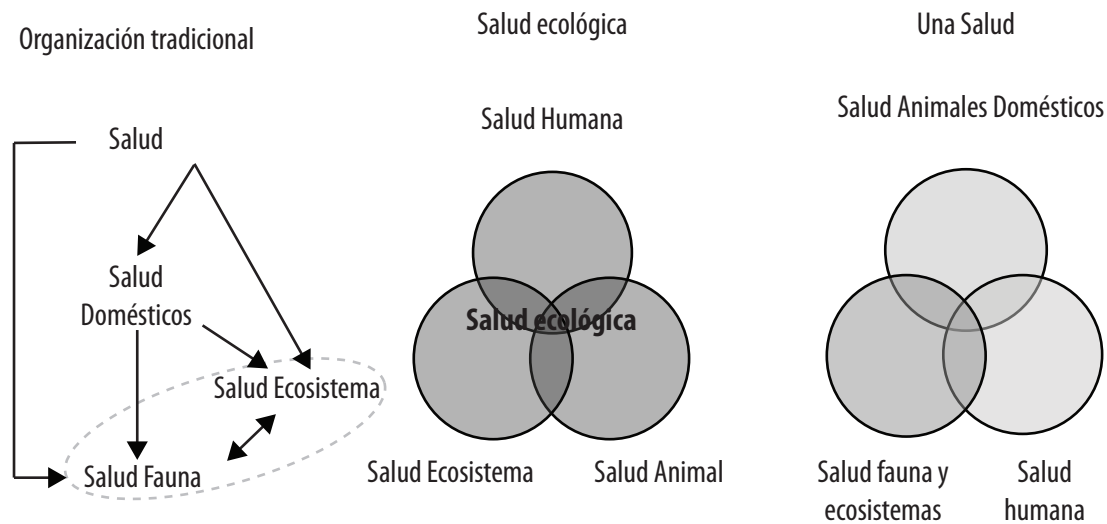


Figura 2. Organización jerárquica tradicional y propuesta holárquica actual por parte de diferentes corrientes para la integración de la salud animal, humana y ecosistémica.

Entonces, al observar en conjunto los tres diagramas de la Figura 2, se puede concluir que hay diferencias básicas epistémicas sobre el significado de la salud y su relación con las ciencias de la vida y la medicina, que podrían ser fundamentales en el momento de integrarlas. Incluso, la diferenciación parecería generarse desde la definición de las ciencias y disciplinas de acuerdo con la organización y jerarquización del conocimiento por parte de cinco instituciones de alto reconocimiento e influencia científica y/o social al nivel global (Organización de las Naciones Unidas para la Educación –Unesco-, 1988; Organización de las Naciones Unidas para la Educación –Unesco- & Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología –ICYT-, sin fecha; Fundación Nacional para las Ciencias de Estados Unidos –NSF-, sin fecha; Thomson Reuters, sin fecha; Organisation for Economic Co-operation and Development –OECD-, 2007).

Desde el punto de vista de interés de la fauna, hay varios aspectos importantes en la forma que se organiza el conocimiento por estas entidades que merecen resaltarse, debido a que contribuyen a entender como los paradigmas actuales po-

drían representar una barrera para la integración holárquica de la salud. Las ciencias veterinarias no tienen una clasificación estandarizada, ya que se categorizan como ciencias de la vida (biológicas), agrarias o médicas; e inclusive se incluyen como una rama de la medicina. A su vez, la fauna se visualiza en las categorías biológicas y productivas, pero no en el campo de las ciencias veterinarias, lo que muestra el enorme vacío que ocurre en las relaciones de la medicina con la vida silvestre. Es decir, las cinco organizaciones jerárquicas revisadas fragmentan el conocimiento sobre los animales e inclusive en algunas son débiles las relaciones entre los campos referentes a animales domésticos-animales silvestres, veterinaria-conservación y veterinaria-zoología. En este sentido, es interesante la visualización que hacen Leydesdorff & Rafols (2009) con base en la organización del Instituto de Información Científica (ISI), la cual evidencia el distanciamiento entre las ciencias veterinarias y la biología, la biodiversidad y las denominadas ciencias animales (que se refieren a las ciencias de la producción animal), pero sobre todo su localización periférica en el mapa las ciencias (ver mapa disponible en internet <http://>

www.leydesdorff.net/map06/). Por lo tanto, parecería que no existe al menos al nivel aplicado una verdadera ciencia animal unificada, lo que da sustento al arreglo que hace el comité norteamericano en el diagrama de Venn que separa la salud de los animales domésticos y la vida silvestre.

Aunque indudablemente se han logrado avances en la implementación de las propuestas conceptuales de salud ecosistémica (*sensu* Una Salud o Salud Ecológica), ésta se dificulta por la diferencia en los intereses y paradigmas de las áreas de la salud y las relaciones entre ellas, las disciplinas y otras ciencias. El planteamiento es complejo e involucra la interacción de muchas áreas con objetivos disímiles hacia un solo objeto (salud) que lo hace vulnerable a intereses particulares que pueden distorsionar la integración. Por ejemplo, como muestran los diagramas de Euler de la Figura 3, la aplicación de la salud de la fauna puede depender del interés y concepción disciplinar.

De todas formas, la aproximación ecosistémica no es solamente deseable, sino necesaria al considerarse la situación ambiental actual del planeta, ya que ofrece la oportunidad de integrar holárgicamente la salud humana y la conservación de los ecosistemas. Adicionalmente, reduce los efectos distorsionadores que conlleva el enfoque causal lineal y unidisciplinario (por ejemplo, estrictamente médico) para predecir la salud de una población, comunidad o especie animal en un sistema natural y que subestima los elementos y las relaciones (riesgo inevitable si se acepta que el ecosistema es complejo y muestra un comportamiento tipo caótico) que se presentan entre la fauna, el ecosistema y el ser humano. Es decir, el desconocimiento de una causa componente puede derivar en la mala interpretación del estado del sistema y de las relaciones entre sus elementos ya que el grado de interacción de dos factores depende de la presencia y estado de otros (Rothman, 1987).

Desde punto de vista, es útil la propuesta de Kay *et al.* (1999), la cual plantea que se aborde el

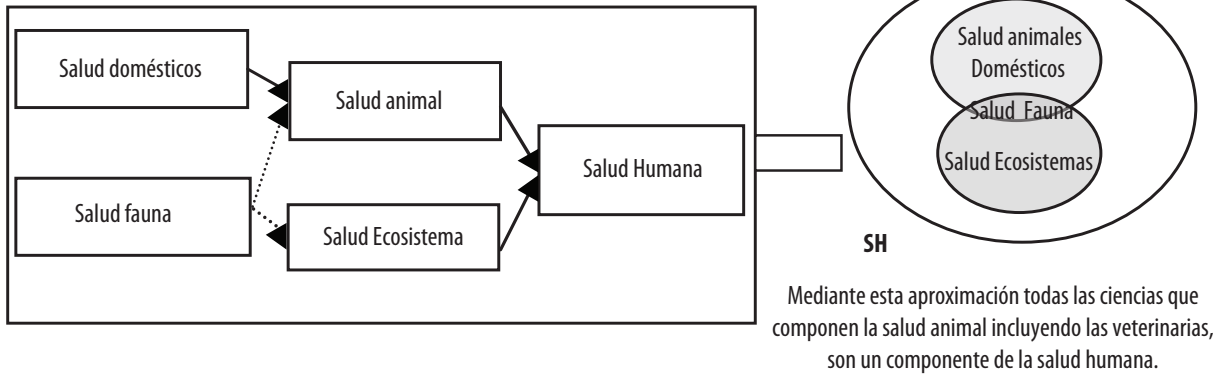
ecosistema a partir de la aproximación teórica sistémica compleja denominada *Sistema abierto holárgico auto-organizado* (SOHO por sus siglas en inglés), el cual se caracteriza por tener procesos de retroalimentación negativos y positivos, carecer de estructuras jerárquicas y presentar varios fenómenos emergentes y reconfiguraciones rápidas entre un estado de organización a otro, con cambios impredecibles.

Si bien puede aceptarse que la propuesta de la aproximación compleja a la salud de la fauna es lógica - ¿Qué viabilidad hay de que ésta pueda hacerse dentro del marco de salud total y de enfoque ecosistémico cuando se presentan grandes inconvenientes en la integración de conceptos y prácticas disciplinares, que incluyen la formulación misma de lo que significa la salud de la vida silvestre?-

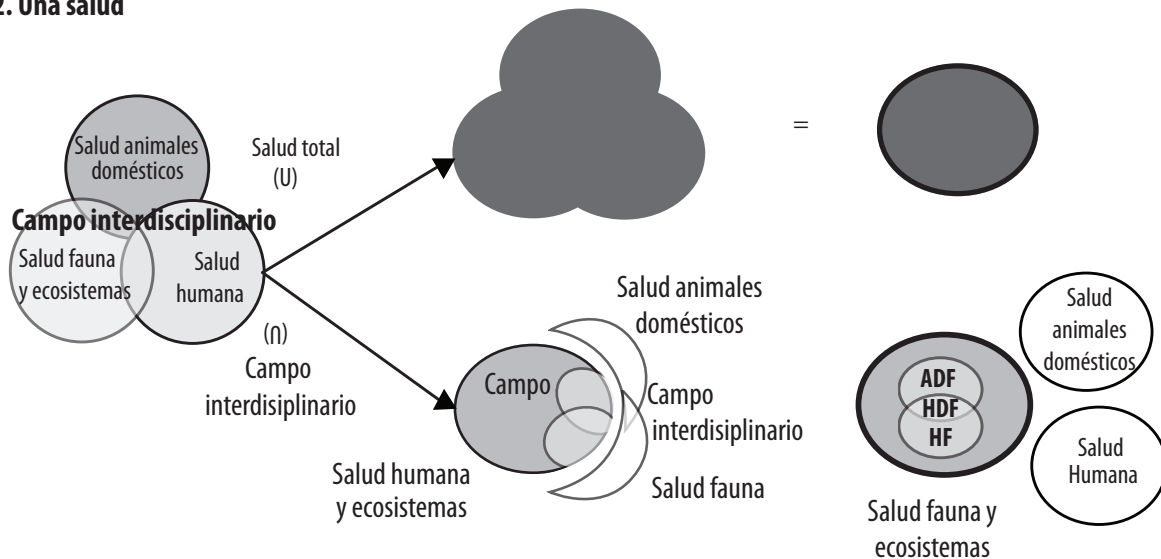
La verdad es que los paradigmas médicos dentro de la contextualización de la salud están muy arraigados en la cultura occidental y Latinoamérica y por ende, con frecuencia en la práctica, a diferencia de lo que al nivel teórico se pueda decirlos indicadores de salud se enfocan principalmente en aspectos funcionalistas de una enfermedad; como es la etiología, la transmisión y los indicadores epidemiológicos. Retomando el citado ejemplo de Kreimer y Zabala (2007) sobre el Chagas, el 50% de la investigación se ha enfocado al parásito con una fuerte concentración en biología molecular y bioquímica, y no en los elementos, relaciones y expectativas locales que permitan entender un problema integro.

Los paradigmas son tan grandes, que a pesar de la claridad que los autores tenían sobre el modelo de estudio y de la certeza de la necesidad de hacer la aproximación a la salud de la fauna desde lo complejo, durante la redacción del presente libro se cayó en una aparente trampa mental más de una vez, al reducir el concepto de salud al de enfermedad. Esta tendencia podría explicarse desde otros puntos de vista, como por

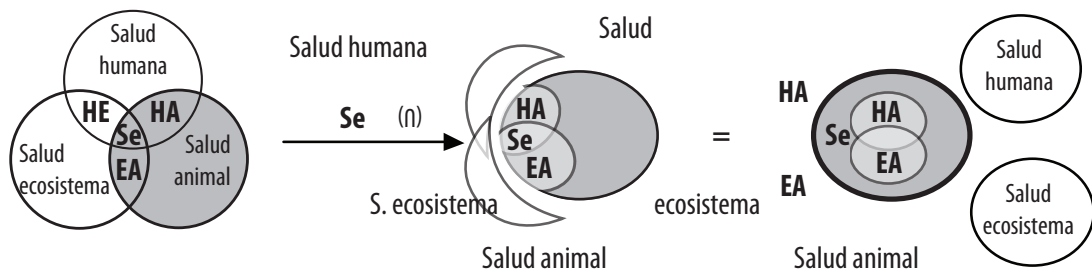
1. Salud antropocéntrica



2. Una salud



3. Medicina de la conservación



Abreviaciones: ADF= Salud animales domésticos - fauna, HDF= Salud humana - a. domésticos - fauna, HF= Salud humana - fauna, EA= Salud ecosistemas animal, HA= Salud humana - animal, HE= Salud humana ecosistemas, Se= salud ecológica

Figura 3. Algunas probabilidades de aplicación del concepto de la salud de la fauna a partir de tres arreglos de la salud (salud tradicional, Una Salud y Medicina de la Conservación) analizados con la ayuda de diagramas de Euler

ejemplo, es que podría responder a la dificultad de la proyección de la salud multidisciplinar desde lo disciplinar, en este caso la medicina veterinaria. O también, mostrarlas limitaciones de la formulación de una definición única de salud, aparentemente universal, pero que en realidad sería difícil de concretar por la extensión y alcance que se le quiere dar al concepto.

Entonces, y con el objetivo de facilitar la proyección total de la salud desde la perspectiva de la vida silvestre, es válido organizar el concepto de salud de la fauna para su aproximación práctica desde el enfoque de salud de los ecosistemas, y no desde el punto de vista disciplinar tradicional; que además de los problemas expuestos, tiende a fragmentar los intereses (“lo más importante es...”) y el conocimiento (“la verdad es...”).

Las características del sistema tienen que ser entendidas espacial y temporalmente, para lo que es útil dimensionarlas a partir de los elementos ambientales y humanos junto con el significado del conocimiento (Figura 4).

La particularidad (no la complejidad) de los ecosistemas naturales al nivel global tendría una tendencia al incremento debido a que la organización de las comunidades faunísticas depende de las relaciones fauna-ecosistema-ser humano que contienen elementos locales y únicos correspondientes a factores culturales (actitudes hacia la fauna y el bosque), socioeconómicos (empleo, educación y salubridad) y políticos (normatividad y políticas de desarrollo), inclusive en los lugares aparentemente prístinos.

Desde este punto de vista, no es útil el uso de modelos globales, fijos y poco flexibles, sino de aquellos que se creen desde lo local, con elementos científicos y participativos aglutinados hacia un propósito. Las disciplinas científicas y otras formas de conocimiento se tienen que integrar a partir del lugar (procesos biofísicos) y contribuirá solventar sus necesidades (considerando las expectativas y valores humanos). Sin embargo, esto no es tarea fácil en una región como Latinoamérica debido a la dependencia científica con

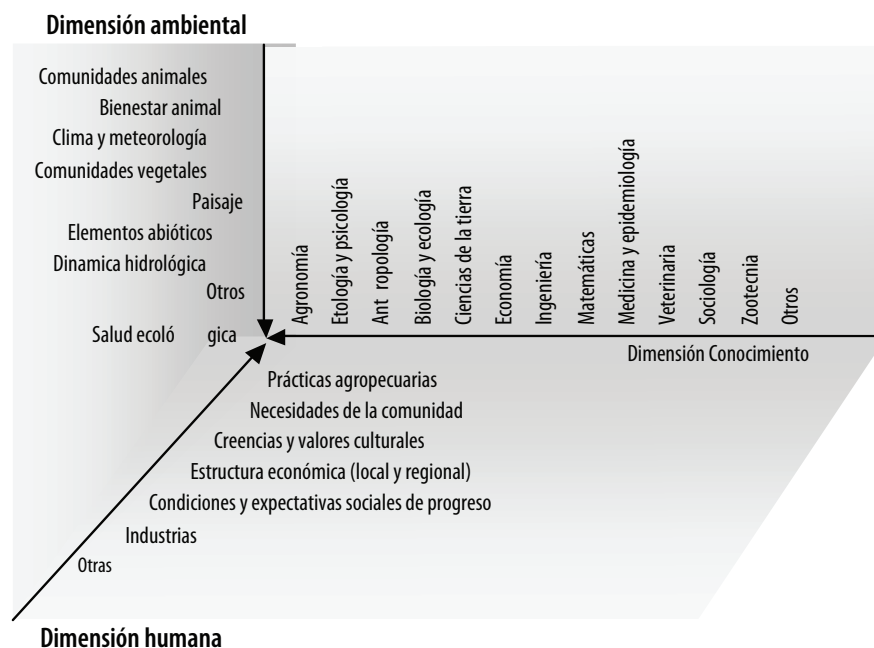


Figura 4. La salud ecológica puede visualizarse como el resultado de la interacción de tres dimensiones: conocimiento (académico y tradicional), humana y ambiental.

Estados Unidos y Europa y que en la actualidad tiende a profundizarse por la transición del mundo a la megaciencia.

Esto deriva en que las tradiciones científicas locales que con frecuencia desconocen los valores y problemáticas sociales propias (P. Kreimer, 2006).

La aproximación aplicada a la salud de la fauna debe tener la capacidad de trascender entre niveles de organización de la vida y de minimizar el sesgo que se deriva del ineludible antropomorfismo que encierra el concepto. Debido a que los autores consideran que representa la complejidad suficiente, como una aproximación inicial para definir la salud para el presente libro, se tomó y modificó la formulada para los ecosistemas por Rapport *et al.* (2002), con el fin de ampliar su aplicación a diferentes niveles de la organización de

la vida: “*el sistema biológico y/o ecológico que realiza su potencial productivo, complejidad y resiliencia. Claramente corolario a esto es que no muestra síntomas de patología, por ejemplo, desajustes en las funciones, productividad y regulación*”.

Si además aceptamos la definición de Nielsen (2001) de los parámetros esenciales de la salud, como la integridad y sostenibilidad de las dimensiones biofísicas (por ejemplo, biológicas, médicas y ecológicas) y los valores atribuidos por el ser humano en los diferentes niveles de organización, podemos hacer la siguiente afirmación: la salud vista como un sistema conceptual compuesto de elementos y relaciones, define la posibilidad de perduración del individuo, la población, la comunidad, el ecosistema, la ecoregión, la ecozona y finalmente la biósfera (Figura 5).

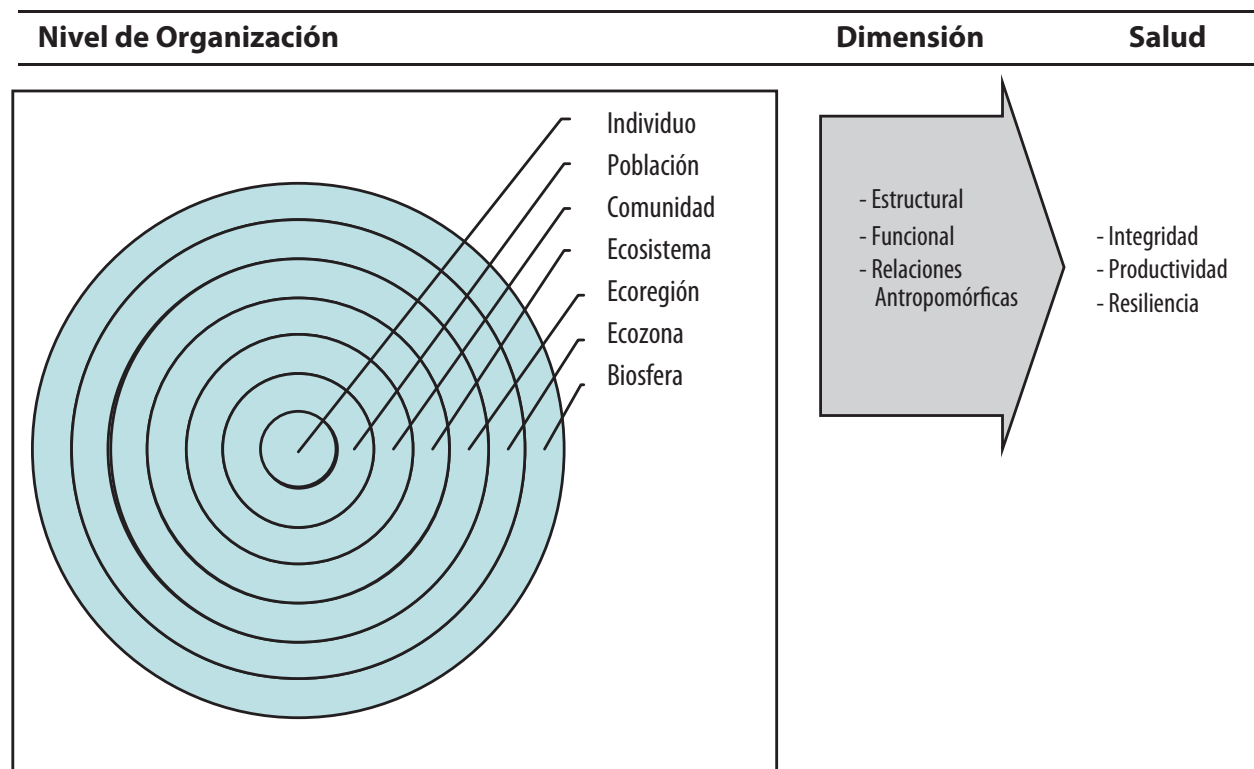


Figura 5. Elementos de la salud de acuerdo con la dimensión y organización de la vida.

Entonces, desde este punto de vista la salud es un concepto total o unificado, pero no como el resultado de la integración disciplinaria, sino de la organización holárquica de los niveles de la vida en la cual los elementos de un nivel pueden afectar las relaciones entre éste y entre los niveles (Figura 6). En otras palabras, no se puede entender la salud de un animal silvestre sino se entiende la de la población y a su vez la del ecosistema; en un sistema de relaciones en el cual la magnitud de la causa-efecto-origen de las relaciones organismo-organismo, organismo-ecosistema y ecosistema-ecosistema no puede percibirse como gradual y direccional. Esto debido a las mismas características estructurales y funcionales que definen al ecosistema, el que se comporta como un sistema abierto y sensible a la actividad antropogénica al nivel local, regional y global.

La integración de la medicina a las acciones para la conservación

El problema práctico de la aproximación compleja ecosistémica está entonces en integrar las diferentes ciencias y disciplinas vinculadas al concepto de la salud de la fauna, para lo que las diferentes profesiones tienen que redefinir sus papeles y responsabilidades. Un gran paso lo dieron ya las ciencias biológicas hace algunas décadas, cuando fueron a buscar soluciones a las problemáticas de conservación de las especies en la comprensión y manejo de las relaciones con el ser humano, para lo cual vieron la necesidad de incluir dentro de sus acciones, personas con conocimientos sociales, económicos y políticos. También la medicina veterinaria ha evolucionado en esta dirección aunque más lentamente, al proponerse que el veterinario debe ir más allá

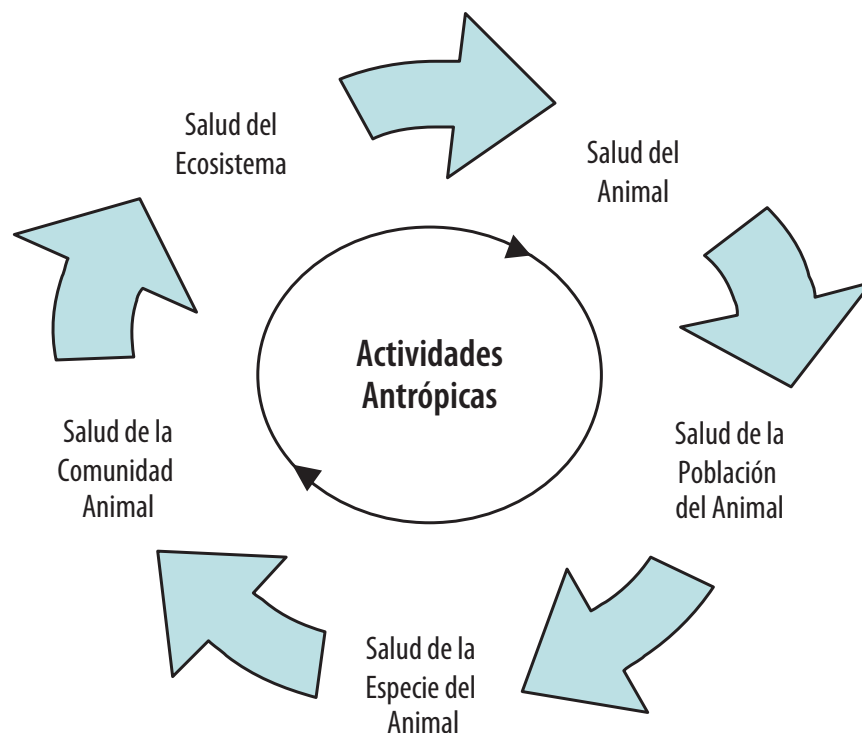


Figura 6. Integración de los niveles de organización en la medición de la salud de la fauna en un ecosistema. Las actividades antrópicas pueden alterar la estructura y función en los diferentes niveles.

de diagnosticar y prevenir enfermedades o de administrar tratamientos (que de por sí es una importante función que le otorga la sociedad a través de normas legales, como lo es por ejemplo en Colombia, la Ley 073 de 1985) para contribuir con la formulación, ejecución y monitoreo de estrategias para la conservación (R. A. Kock, Soorae, & Mohammed, 2007). Adicionalmente, el campo de la etnoveterinaria abrió una puerta para el diálogo y la comprensión de otros saberes y formas de estudio participativas que contribuyen al mejor entendimiento de la realidad en el ámbito local: “el desarrollo participativo sin ciencia es simplemente política, la ciencia sin desarrollo participativo es un ejercicio académico” (Waltner-Toews *et al.*, 2001).

La medicina se ha interesado en la biodiversidad y los ecosistemas naturales como un factor de importancia para la salud humana (E. Chivian, 2003), debido a lo cual las investigaciones sobre las zoonosis emergentes fauna silvestre- ser humano se han convertido quizás, en una de las prioridades más importantes de la salud pública moderna (Jones *et al.*, 2008). Lógicamente la información proveniente de estos trabajos contribuye a generar información para la conservación, pues estos estudios tienen mejores oportunidades de financiación. Es así como gran parte del conocimiento que tenemos en la actualidad sobre enfermedades de alto impacto en las poblaciones naturales de animales provienen de grupos de trabajo de salud pública; algunos ejemplos son fiebre amarilla, influenza aviar, virus del Nilo occidental y rabia silvestre. Sin embargo, los estudios con enfoque en la salud humana contemplan únicamente las zoonosis y tienden muchas veces a subvalorar los elementos que interactúan y afectan la dinámica de poblaciones animales y amenazan su conservación (Daszak & Cunningham, 2000), pues la modificación del ecosistema puede alterar la dinámica del parásito-huésped (Morse, 1995; Stoner, 1996)

e inclusive de acuerdo con la revisión de Battin (2004), constituirse en el elemento clave de una trampa ecológica para una especie.

Afortunadamente en los últimos años se ha incrementado la literatura sobre la medicina de especies silvestres y la ecología de los parásitos y las enfermedades, que contribuye a la comprensión de la salud de la fauna y sus ecosistemas. Además de las contribuciones en revistas, como lo son *Journal of Wildlife Diseases* y *Ecosystem Health*, particularmente dos publicaciones llaman la atención: *Disease Ecology: Community Structure and Pathogen Dynamics* (Collinge & Ray, 2006) y *The Ecology of Wildlife Diseases* (Hudson, Rizzoli, Grenfell, Heesterbeek, & Dobson, 2002). Sin embargo todavía, frecuentemente la información sobre aspectos relacionados con la ecología de los patógenos, la patología y la dinámica de las enfermedades en la fauna es desconocida o subestimada, como ocurre en Colombia y probablemente de toda Latinoamérica. Esto no es extraño si se considera que países con información del impacto de las enfermedades en las poblaciones naturales como Estados Unidos, no consideran la salud como componente fundamental de las acciones de manejo y conservación de los parques naturales nacionales (Gillin, Tabor, & Aguirre, 2002). Indudablemente en los últimos años se observa algún cambio en la actitud de las entidades ambientales y sanitarias, principalmente por la amenaza de la pandemia de influenza aviar; pero la verdad es que los conceptos de medicina y salud no han estado entre las prioridades colombianas y latinoamericanas de investigación y conservación en materia de fauna (Ministerio del Medio Ambiente de Colombia-MMA, 1998; Rengifo *et al.*, 2000), a pesar el marco normativo actual le da atribuciones sobre la vigilancia de enfermedades en vida silvestre al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Tampoco se incluyen dentro de los criterios de evaluación de

los estudios ambientales (Mouthon Bello, Blanco Barros, Acevedo, & Miller, 2002).

El problema de la causalidad en la salud de la fauna

De la información presentada anteriormente en el subcapítulo “Dinámica y emersión de enfermedades”, podría concluirse que hay una aceptación generalizada de la relación entre la integridad del ecosistema y la presencia y emersión de enfermedades en animales (silvestres y domésticos) y el ser humano (Corvalán *et al.*, 2005). Inclusive Woolhouse (2002) caracteriza el perfil de un patógeno humano emergente típico que bien podría en alguna extensión aplicarse a los animales como, un virus RNA, zoonótico, con un rango de hospederos amplio ecológico y taxonómicamente, transmitido por vectores y en especial por moscas picadoras, capaz de utilizar receptores celulares conservados en los huéspedes, transmitido potencialmente entre humanos y localizado en áreas con presión de cambio ecológico, demográfico y/o social. Sin embargo, quizás uno de los problemas más grandes que encuentra el estudioso de las enfermedades de la fauna en condiciones naturales es la inferencia causal, que de por sí presenta dificultades en el contexto de la salud humana (K. J. Rothman, 1987) en la que los elementos y relaciones son más fácilmente identificados y rastreados. Si bien es cierto que el concepto de causalidad es discutible, K. J. Rothman & Greenland (2005) definen como causa de un evento de enfermedad; al evento, condición o característica que le precede y sin el cual este no habría ocurrido o se hubiera presentado posteriormente.

En el contexto del estudio de la salud de la fauna se identifican dos factores principales que limitan la inferencia causal además de los reconocidos en la salud pública e inclusive hacen dudar de que esta pueda lograr de manera empírica. Primero, si se acepta que el ecosistema presenta

una organización SOHO (Kay *et al.*, 1999), la magnitud y direccionalidad del efecto de un evento será variable, por lo que en general se puede esperar asociaciones débiles, de baja especificidad y carentes de gradiente biológico en la relación dosis-respuesta. A su vez, el hecho que cada ecosistema se configure como único espacial y temporalmente y consecuentemente las relaciones animal-animal y animal-sistema, llama la atención sobre el cuidado que se debe tener sobre la coherencia y la plausibilidad biológica de las hipótesis que orientan los estudios de la salud de la fauna en un entorno globalizado y el alcance de las analogías que se hacen. Segundo, dentro de la organización holárquica del ecosistema, el hecho de que una enfermedad pueda ser ocasionada por más de un mecanismo causal que a su vez consta de la acción conjunta de una multitud de causas componentes (K. J. Rothman & Greenland, 2005), acrecienta el afecto sobre la fuerza de las asociaciones que se puedan hacer; pues el problema de la asociatividad en enfermedades de causa múltiple ha sido expuesto inclusive en áreas en las que se cuenta con información y desarrollo tecnológico grandes (Khoury, Little, Gwinn, & Ioannidis, 2007; Shields, 2006).

Entonces, con la consideración de las ventajas y limitaciones que conlleva el análisis de causalidad en el estudio de la salud de la fauna, podemos identificar tres momentos asociativos en los que la ponderación de la inferencia causal podría contribuir a entender los alcances de un estudio:

- Condición (integridad) del ecosistema-Causa de enfermedad. Cuando se revisa la literatura sobre las relaciones entre los disturbios en el ecosistema y la ocurrencia de enfermedad, es fácil llegar a pensar que la asociación es clara y no representa mayor problema. Por ejemplo, el informe de la evaluación de los ecosistemas del milenio de la OMS (Corvalán *et al.*, 2005) argumenta que aunque las razones de la

aparición de algunas enfermedades se desconocen, los mecanismos biológicos que alteran la dinámica de las enfermedades son conocidos e incluyen, la alteración de los rangos del hábitat, la invasión por nuevas especies, cambios en la biodiversidad, variaciones genéticas en los vectores o patógenos y la contaminación del ambiente por agentes infecciosos. Incluso, este informe lista los mecanismos e impulsores emergentes y la sensibilidad al cambio ecológico de 23 enfermedades infecciosas relacionadas con la alteración de los ecosistemas. También, desde el punto de vista de la salud de la fauna, Daszak & Cunningham (2000) a partir de la revisión de varios trabajos hacen hipótesis de las fuentes de emersión de enfermedad para las especies silvestres y las consecuencias para su conservación. Sin embargo, la verdad es que la asociación Condición del ecosistema-Causa de enfermedad requiere de un esfuerzo grande en término de costos, tiempo y pericia. Para ilustrar la magnitud de lo que esto significa, se tomó al azar un ejemplo de la lista del informe de la OMS (Corvalán *et al.*, 2005):

- Enfermedad = Rabia
 - Mecanismo emergente = pérdida de biodiversidad y selección alterada del anfitrión
 - Impulsor emergente = deforestación y minería
 - Sensibilidad al cambio ecológico = moderada
- Al mirar con cuidado los elementos y relaciones que se hacen en este ejemplo de la rabia, es fácil concluir que la información necesaria para llegar a hacer inferencias causales de este orden es muy compleja, pues solamente la identificación de los elementos de cada uno de los niveles comprende un gran esfuerzo. La variable rabia requiere *sine qua non* del diagnóstico definitivo de la enfermedad

y las características de ocurrencia. A su vez la cualificación y cuantificación de los mecanismos e impulsores emergentes necesita de la caracterización temporal y espacial de las comunidades animales y vegetales, así como de los tensores históricos y actuales que actúan sobre el sistema. Finalmente, el criterio sensibilidad al cambio ecológico implica cierta subjetividad, ya que dependería del uso de analogías entre organizaciones singulares de los ecosistemas que se sustentan en el conocimiento aplicado a lo local (lugar y tiempo).

- Causa-Enfermedad en vida silvestre. Los problemas en la inferencia causal de la enfermedad han sido tratados ampliamente por Rothman & Greenland (2005) y Rothman (1987), quienes definen como causa suficiente al grupo de condiciones y acontecimientos mínimos (causas componentes) que inevitablemente producen enfermedad. Este concepto es particularmente importante dentro del contexto del estudio de la salud de la fauna debido a que propone mecanismos múltiples causales para una enfermedad, que conlleva la aceptación del peligro de realizar inferencias falsas si no se entiende la complejidad del ecosistema natural, sobre todo en estudios verticales o a corto plazo. Entonces el investigador tiene que entender la sensibilidad de sus métodos para identificar los mecanismos causales y caracterizar las causas componentes y sus relaciones (Figura 7), para evaluar la plausibilidad de sus asociaciones.
- Enfermedad-Conservación de las especies/ecosistemas. Son abundantes las publicaciones que asocian la presentación de las enfermedades con eventos que conllevan el deterioro e inclusive extinción de especies (ver por ejemplo, la Tabla 5) con base principalmente en lo que Hill (1965) denominó la fuerza de la asociación, la temporalidad y la analogía. Por lo tanto, al revisar la literatura es importante evaluar la

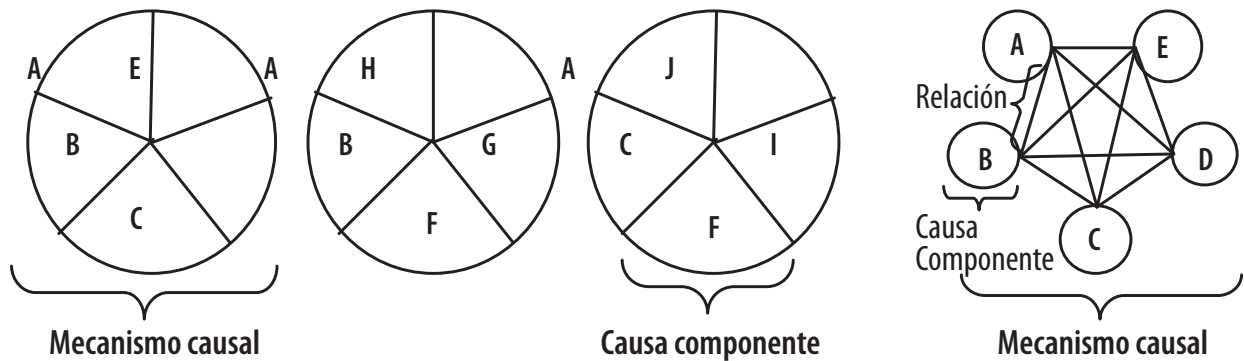


Figura 7. Posibles interacciones entre causas componentes y sus relaciones a partir del modelo multicausal de la producción de una enfermedad de Rothman y Greenland. Modificada de Rothman & Greenland 2005.

causalidad a través de la plausibilidad y consistencia epidemiológica, biológica y ecológica, para determinar cómo los estudios contribuyen a concluir sobre la conservación de las especies. Es decir, la validación científica de la inferencia causal Enfermedad-Conservación implica el conocimiento profundo de su dinámica en el lugar específico, ya que el solo hecho que una enfermedad ocurra inclusive en eventos explosivos con altas mortalidades, no es suficiente para concluir que es dañino para la conservación de las especies y ecosistemas. Esto incluye en eventos que conlleven la disminución drástica de alguna población en un lugar, pues la evidencia empírica puede ser insuficiente para entender los elementos y relaciones que determinan el comportamiento de una especie o comunidad dentro de un ecosistema.

De la teoría a la práctica en la integración de la medicina a la conservación

Hasta ahora el presente libro ha tenido dos fines primordiales: evidenciar la pertinencia de la integración de la medicina a la conservación y demostrar la complejidad que representa esta integración. Es decir, no ha buscado hacer una discusión sobre la pertinencia de que las ciencias se ocupen de la conservación como un problema científico y aplicado, ya que es abundante la evi-

dencia teórica y práctica. Sin embargo, a pesar que a partir de la literatura aquí revisada puede deducirse que los desarrollos científicos y técnicos en la conservación son palpables e incluyen muchas áreas del conocimiento; todavía se siguen observando algunos cuellos de botella ideológicos y prácticos que limitan la adecuación universal de la “ciencia de la conservación” como un elemento transversal, situación que ocurre lógicamente dentro de las disciplinas médicas y veterinarias.

El estado y la aproximación actual que están haciendo las diferentes áreas del conocimiento a la conservación de la biodiversidad y por último a la del ser humano, puede entenderse desde la dinámica histórica moderna que conllevó al nacimiento y evolución de la biología de la conservación en la década de 1980 (Sarkar, 2009): ¡una ciencia dedicada a la conservación con las especies! Esto indudablemente marcó un hito para la orientación actual que las ciencias tienen sobre las relaciones del ser humano con el planeta. Es así como la misión de la Sociedad para la Biología de la Conservación de “*avanzar la ciencia y la práctica de la conservación de la diversidad biológica de la Tierra*” no puede ser ajena a ninguna área del conocimiento que se ocupe del bienestar humano y del uso que este le da al globo. Por lo tanto, el concepto de salud tiene que trascender de la misma forma que lo hizo el de la biología en su

momento, para darle significado al bienestar en todos los niveles de la vida. Contribuir a dar elementos de cómo hacerlo, es uno de los principales objetivos del presente libro.

Para entender la adecuación de las ciencias a la conservación de la fauna y los ecosistemas, es necesario remontarse a los factores que actualmente predisponen y desencadenan la generación del conocimiento: las fuerzas teóricas (el por qué y qué significa) y prácticas (a quién le interesa y para qué). Es decir, quién hace el estudio, por qué lo hace, cuál es la fuente de financiación, qué se espera de los resultados y qué impacto potencial puede tener sobre los diferentes actores involucrados (por ejemplo, sobre las políticas, el comercio, la industria, las comunidades, etc.).

Estos elementos son determinantes en la extensión, alcances, objetividad y confiabilidad de la información; ya que sin duda ésta proviene de diferentes orígenes con diversos intereses. Para ilustrar la importancia de este problema, en la Figura 8 se agrupan en cinco categorías las motivaciones para estudiar la fauna (consecuencial, seguridad, utilitaria, ecológica-científica y ética) y ordenan por el valor que representa el animal dentro del interés del estudio (definido como el peso que tienen el bienestar y conservación de las especies en los objetivos del estudio).

Las motivaciones pueden congregarse en dos grupos de acuerdo con la fuerza que direcciona el estudio: las activas que son aquellas en las que el animal se constituye el objeto de interés y las pasivas, en las cuales el animal representa el objeto de estudio pero no es el objeto de interés. En las primeras, los esfuerzos se dirigirán a la fauna mientras en las últimas a satisfacer las necesidades humanas inmediatas por lo cual se tenderá a minimizarlos recursos, como por ejemplo, al cumplimiento de la normatividad o urgencia. Consecuentemente, las metodologías y resultados se ajustarán a los intereses, lo que podría producir un efecto sobre la información. Sin

embargo, aunque esta categorización puede ser útil para el análisis de la calidad de las investigaciones junto con el de causalidad, es importante considerar que las motivaciones no son necesariamente excluyentes.

La motivación que más valora la fauna es la ética, que responde a los principios del valor moral del ser humano hacia la naturaleza de Kellert (1997): la responsabilidad moral por un trato ético e indiscriminado (no prioriza lugares o especies) a los animales y la naturaleza. El siguiente peldaño lo constituye la Ecológica-científica, en el que la fauna y sus relaciones con el ecosistema se constituyen en el centro de interés de estudio debido a lo cual la motivación principal es la búsqueda del conocimiento sobre la naturaleza. Este tipo de trabajo concierne principalmente a la academia y por lo tanto, depende del interés del investigador y de su capacidad de gestión.

El tercer peldaño, la motivación utilitaria es quizás la más difundida en la actualidad y que origina la mayoría de investigaciones y acciones sobre la biodiversidad, pues se acepta que la conservación depende de la sostenibilidad de las relaciones del ser humano con la naturaleza (ver por ejemplo a Rapport, 2007; quien inclusive propone el concepto de "ciencia de la sostenibilidad"). En este sentido, la fauna se trata como un recurso.

En el cuarto y quinto peldaños se localizan las motivaciones pasivas. La consecuenal es muy típica de los estudios de impacto ambiental, entre los cuales están muy difundidos los derivados de las obras de ingeniería; aunque también en el caso colombiano, se está viendo el incremento de agroindustrias como lo es la de los biocombustibles (que tiene un fuerte respaldo político).

Finalmente, en el último se localizan los estudios motivados por la seguridad, como por ejemplo son los derivados del interés por la salud pública. También dentro de esta categoría se incluyen los generados por el conflicto animal-ser humano (por ejemplo, control de especies plaga).

El interés de las medicinas humana y veterinaria por el estudio de la fauna con frecuencia ha dependido de motivaciones pasivas, principalmente por salud pública. Esto repercute en que si bien es cierto que hay tendencias modernas que buscan ligar la medicina y la conservación, la verdad es que actualmente los paradigmas globales de las ciencias médicas y veterinarias todavía distan mucho de la universalización del vínculo. Sin embargo, cuando se observa la evolución del concepto conservación como elemento transversal dentro de las ciencias (como en la biología, ecología, algunas ingenierías) e

incluso en algunos sectores de la veterinaria, es posible pensar que la presión sobre ésta seguirá en incremento para generalizarse como una ciencia activa.

Por ejemplo y de acuerdo con lo que se discutió anteriormente, es indudable que corrientes como la Medicina de la Conservación, Salud de los Ecosistemas, etc., están empujando a un cambio en los paradigmas tradicionales y reduccionistas de la medicina, principalmente mediante el vínculo enfermedad-conservación. En el contexto latinoamericano también ocurre un movimiento notorio (A. G. Suzán, Galindo, & Ceballos, 2000).

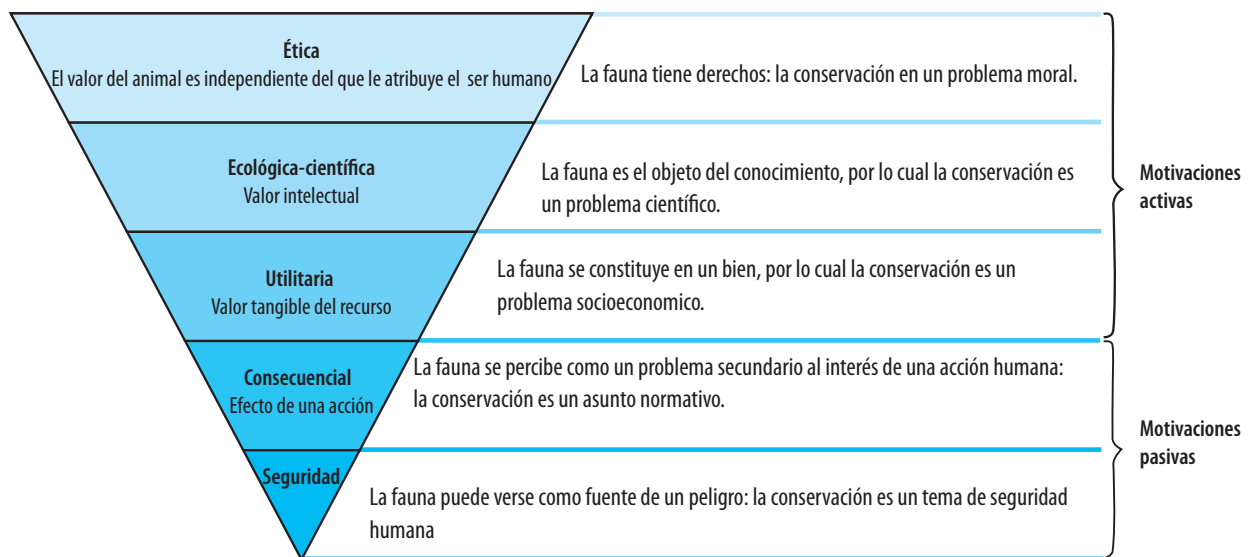


Figura 8. Ordenamiento de las motivaciones para el estudio de la fauna, de acuerdo con el valor que representa el animal para el objetivo de estudio.

Tabla 7. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 1.

Investigación en disruptores endocrinos EPA.	www.epa.gov/endocrine/
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.	www.institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf
Comprendo. Comparative Research on Endocrine Disrupters.	www.comprendo-project.org/index2.html
Grupo de especialistas en Especies invasoras. IUCN. Invasive Specialists Group.	www.issg.org
Protocolos de Fauna Post Decomiso. Ministerio de Medio Ambiente. Colombia.	http://www.minambiente.gov.co/documentos/476_protocolo_fauna_decomisada.pdf
Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.	http://unfccc.int
National Climatic Data Center. USA.	www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html
Potential health effect of climate change. Report of a WHO Task Group. 1990.	http://whqlibdoc.who.int/hq/1990/WHO_PEP_90_10.pdf
Mapa del Instituto de Información Científica sobre las catorce disciplinas.	http://www.leydesdorff.net/map06/
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).	www.minambiente.gov.co
Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia. Ahora Ministerio de Hacienda y Crédito Público.	www.minhacienda.gov.co

Capítulo 2

EL ESTUDIO DE LA SALUD EN NIVELES

La salud es un asunto que concierne a todas las disciplinas

FORTALEZAS Y BARRERAS PARA EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA

El valioso conocimiento segmentado

La aproximación al estudio de una especie o un lugar ha estado tradicionalmente demarcada por la disciplina e interés de los investigadores, lo que de alguna manera ha delimitado los posibles alcances de la información compilada y de las acciones de manejo; a pesar que cada una podría contribuir de manera importante al entendimiento integrado de la salud del ecosistema (Figura 9). Se observa que los estudios centrados en salud pública tienden a enfocarse en un patógeno específico como fiebre amarilla, malaria o influenza aviar, etc. (ver por ejemplo, el Centro para el Control de Enfermedades: www.cdc.gov y la Organización Mundial de la Salud: www.who.org); los interesados en la conservación, en identificar y medir las variables que influyen en la biodiversidad (ver por ejemplo, la Asociación de la Biología de la Conservación: www.conservationbiology.org y la Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre: www.wildlifesociety.org), y aquellos con énfasis en la salud animal en la caracterización de la dinámica de los patógenos y su impacto en la salud de los huéspedes (ver por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud Animal: www.oie.org).

Consecuentemente, los diferentes campos del conocimiento han desarrollado diversas me-

todologías propias, que se ajustan a los intereses disciplinares y por lo tanto, la definición y el entendimiento del estado de una especie, comunidad y/o ecosistema en un lugar puede variar por los objetivos y perspectivas de los investigadores. Por ejemplo, la evaluación de la riqueza, rareza y endemismo de especies ha sido ampliamente usada en los estudios ecológicos, pero no en los de salud, que más bien se enfocan en medir la dinámica e impacto de las enfermedades a través de tasas de mortalidad, morbilidad, prevalencia e incidencia (K. J. Rothman, 1987). Así, los estudios de ecología se enfocan primordialmente en la población, comunidad y hábitat (Brower, Zar, & von Hende, 1998) con la consecuente subestimación del individuo; mientras que los de salud, en el individuo y la población minimizando la especie, la comunidad y el hábitat. El sesgo consecuente a estos paradigmas disciplinarios conlleva a que se pasen por alto factores importantes, así éstos se hayan identificado y evaluado con anterioridad, como habría ocurrido en el caso de la reintroducción de rinocerontes (*Ceratotherium simum*) en Masai Mara en Kenia procedentes de Sur África. En este proyecto se liberaron los animales en contra de las recomendaciones veterinarias; todos murieron posteriormente por tripanosomiasis (R. A. Kock, Soorae, & Mohammed, 2007).

La integración espacial y temporal de objetivos es una necesidad manifiesta, no solamente para la optimización de recursos, sino para maximizar las

posibilidades de comprensión del estado de un sistema en sus diferentes niveles de organización. La salud de la fauna es compleja; se compone de elementos y relaciones internos (entre los animales y con los demás elementos del ecosistema) y externos (relaciones del estado de salud de una población y/o comunidad en un lugar con los elementos macroambientales y las acciones antropogénicas), que solamente podrán ser entendidos mediante la integración interdisciplinaria e intercultural. En este orden, el subestimar componentes como por ejemplo, las relaciones y expectativas humanas en un lugar con el bienestar de las poblaciones y comunidades animales, seguramente llevará a un fracaso posterior. Este podría ser el caso de la reintroducción del Oryx de Arabia (*Oryx leucoryx*) en Omán, un programa considera-

do exitoso por muchos años y que después de varias décadas podría fallar por la presión de cacería sobre la especie, que ha derivado en que, de una población de 400 animales en 1996 quedaron 96 en 2005 (Al Kharousi, 2006).

Integración del conocimiento

La integración de grupos transdisciplinarios promueve la implementación de técnicas sofisticadas de muestreo y análisis, tanto en el campo como en el laboratorio y se convierte en un área fértil para el desarrollo de nuevos métodos y formas de conocimiento sobre el planeta y sus componentes, incluyendo al ser humano. Por tanto, se están proponiendo metodologías de evaluación más integrales que incluyen el muestreo en los niveles, ambiental (hábitat), poblacional e individual

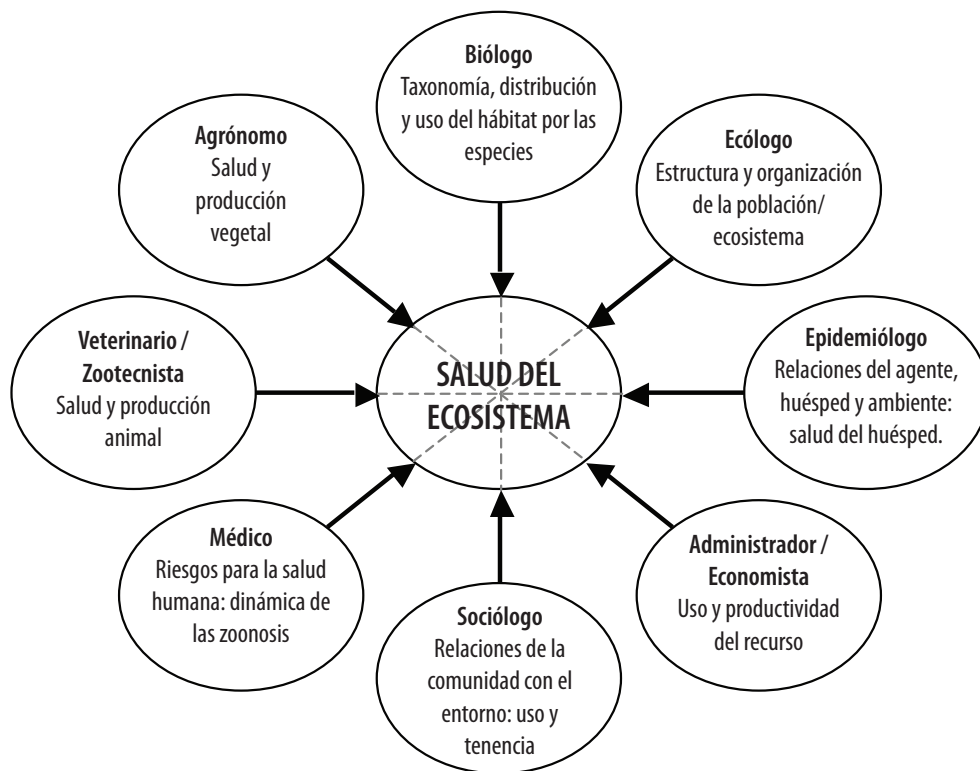
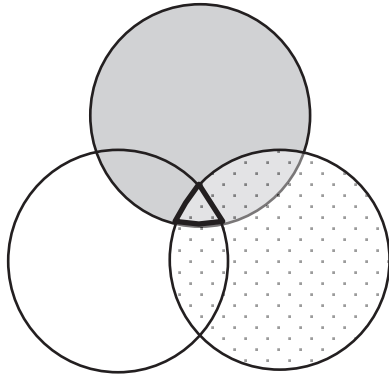


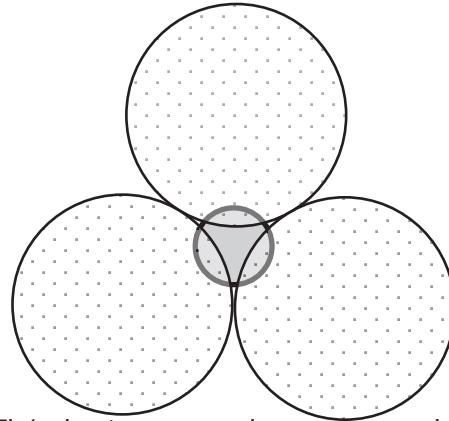
Figura 9. Aproximación unidisciplinaria a los diferentes elementos y relaciones del ecosistema, que deriva en la generación de conocimiento segmentado que puede compartirse de manera limitada según las intereses y necesidades individuales.

Modelo de trabajo transdisciplinario propuesto por la Medicina de la Conservación



La intersección de los tres círculos representa la síntesis del trabajo en grupo "concepto integrado". Las disciplinas se subordinan y desaparecen como entes separados para integrarse y componer un todo.

Modelo de trabajo en grupo interdisciplinario en búsqueda de consensos.



El círculo gris representa el consenso que es el resultado del acuerdo, y no de la integración de las disciplinas, las cuales conservan sus intereses. Cada una hace aportes, pero no compone un todo.

Figura 10. Modelos de trabajo grupal transdisciplinario e interdisciplinario. Estos no son excluyentes, la aplicación de uno u otro depende de la capacidad de comprensión, los intereses, recursos, necesidades y objetivos.

(O'Grady *et al.*, 2004; Setchell & Curtis, 2003; Van Jaarsveld *et al.*, 1998). De acuerdo con Peden citado por Nielsen (2001), la transdisciplinariedad va más allá del pensamiento disciplinario para reconceptualizar el objeto.

Sin embargo, el trabajo transdisciplinario puede involucrar algunos inconvenientes que han sido señalados por Osfeld *et al.* (2002) como impedimentos para el desarrollo de la Medicina de la Conservación: divergencia en los lenguajes técnicos, ignorancia de contextos, desconocimiento del valor del enfoque de las otras disciplinas, sesgo en el enfoque hacia el individuo o población según la disciplina, sesgo hacia los ecosistemas terrestres y peligros en el uso de analogías. Adicionalmente, factores culturales y sociales tendrían una profunda influencia en la conformación de los grupos de trabajo, como podría ser en el caso colombiano, en donde se observa dificultad (¿cultural?) de diálogo dentro y entre grupos, en

los cuales se tiende más a la creación de consensos (acuerdos) que a la síntesis de un concepto integrado. Este hecho tiene profundas implicaciones en la aplicación de la Medicina de la Conservación, ya que se puede llegar a resultados por un camino más negociado que científico (yo cedo en A, tú en B y ambos estamos de acuerdo con C). Esto es evidente en la mayoría de reuniones a las que los autores han asistido y que tratan temáticas de fauna, en las cuales se observa con beneplácito como las enfermedades están empezando a ser contempladas dentro de los eventos que amenazan las poblaciones naturales; pero también es notoria la tendencia de separar cada componente por disciplinas, debido a lo cual se reduce el potencial de integración de la medicina, el ambiente y lo social (Figura 10).

Por otra parte, se puede argumentar que la formación de consensos interdisciplinarios es válida. Esto es cierto en muchas situaciones, como

por ejemplo en el caso de resolución de conflictos. Sin embargo, en el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas puede ser un limitante importante de acuerdo con el diagrama de la Figura 11, ya que la metodología de trabajo intragrupal podría afectar profundamente el análisis y la definición de las acciones. Es posible que mediante el consenso se acuerden variables de muestreo válidas, pero que sus alcances no sean entendidos por todos o las relaciones entre éstas sean subestimadas por algunos con influencia dentro del grupo.

Un caso que ilustra la dificultad práctica de implementar un trabajo transdisciplinario debido al paradigma disciplinario, ocurrió en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Fundación Universitaria San Martín. Como parte de la estrategia pedagógica se conformaron módulos transdisciplinarios que reemplazaron las cátedras disciplinarias tradicionales. De esta forma, el docente que dictaba anatomía debió trabajar conjuntamente con el de fisiología, biología, etc., según lo acordado en las reuniones curriculares. Sin embargo, cuando se inició la implementación del trabajo en grupo por módulos para la elaboración de los syllabus detallados, aparecieron conflictos debido a tres razones principalmente: el pensamiento disciplinario primaba sobre el concepto transdisciplinario; a la persona le era difícil integrarse y exponerse a las críticas de sus colegas de otras disciplinas sobre la suya propia (conocimiento) y los paradigmas individuales generaban prejuicios y resistencia.

Es decir, los consensos interdisciplinarios no eran suficientes para el cumplimiento de los objetivos, los cuales solamente pudieron lograrse cuando se integraron las disciplinas para formar un nuevo todo (en este caso, el módulo). Esto requirió de un tiempo para la maduración del nuevo concepto y de mucho trabajo, paciencia y compromiso.

Se puede pensar entonces, que en la creación de grupos de trabajo transdisciplinarios se requiere primero de la evolución de la disciplinaridad a la interdisciplinaridad, en la cual se identifican los intereses comunes y se sensibiliza a los integrantes con las otras áreas del conocimiento. Este proceso se desarrolla mediante consensos y tiene el objetivo de establecer las reglas de trabajo, participación y coordinación, el uso de conceptos y la aceptación de la necesidad de la contribución de otras disciplinas.

En esta etapa (Figura 11) los integrantes conservan y defienden sus intereses y generan varias hipótesis y objetivos; alcanzando la armonía y el trabajo cooperativo. Posteriormente, cuando los objetivos colectivos trascienden los intereses disciplinarios como lo fue el caso de la Facultad, la necesidad de componer un todo es evidente y en este momento es posible que se llegue a la transdisciplinaridad (concepto unificado). Por lo tanto, se cree que el concepto transdisciplinario se refiere más a la composición permanente de grupos de trabajo con metas a largo plazo, que a alianzas temporales de trabajo cooperativo.

El consenso ético

El término de “consenso ético” se utiliza aquí, no para describir el acuerdo multidisciplinario, sino para la conciliación transversal entre los objetivos de sostenibilidad, conservación y el bienestar en el uso y disposición de los animales durante el estudio de la salud de la fauna y los ecosistemas y las medidas de manejo que se formulen. En la actualidad hay mucha presión de algunos sectores (a pesar que no lo es tanto en Colombia y el neotrópico, a excepción de unos pocos países como Chile, como lo puede ser en otras partes del mundo), para que se considere el bienestar en cualquier relación o uso que el ser humano haga de los animales.

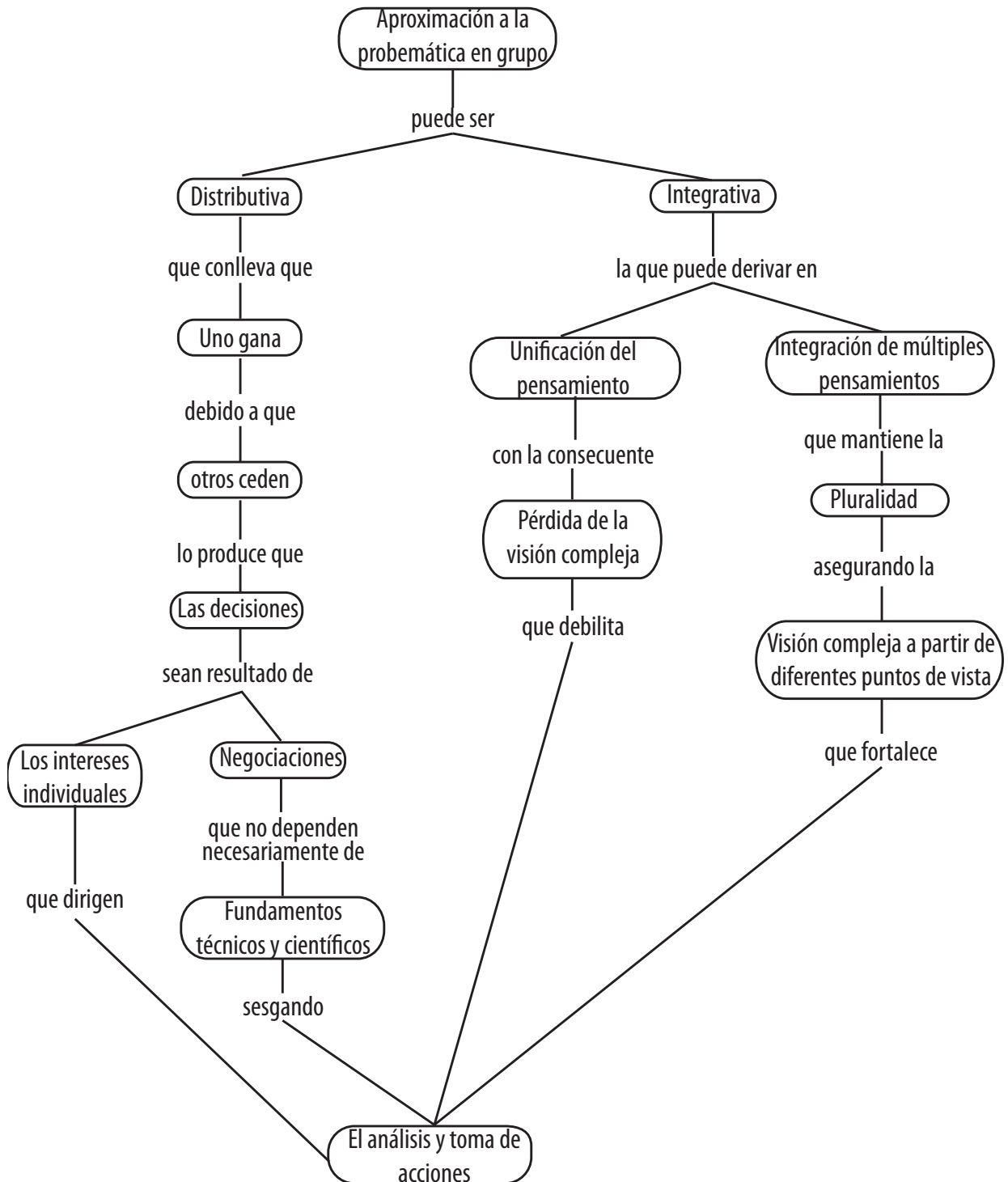


Figura 11. Efecto de la forma de negociación durante la aproximación a una problemática en grupos interdisciplinarios.

Esta situación es vista por algunos investigadores, académicos y productores como un limitante e inclusive como un elemento oneroso; pero la verdad es que ofrece una magnífica oportunidad para el rompimiento de paradigmas de pensamiento tradicional al visualizar la salud desde lo complejo. Es decir, como el resultado de las relaciones de los elementos en diferentes niveles de muestreo (individuo, población y ecosistema) que se analizan como un todo, y que según los supuestos éticos propuestos por Albrech (2001) para la salud de los ecosistemas, deben fundamentarse en la sostenibilidad del todo el sistema.

Si bien la Organización Mundial de la Salud fundamenta el concepto de salud en el bienestar (World Health Organization, 1946), es un hecho que en la práctica pueden aparecer posiciones opuestas (y a veces radicales) sobre el significado del bienestar en la salud animal. Independientemente de los intereses personales sobre la ética y uso de los animales y los ecosistemas naturales (discusión que está por fuera de las intenciones del presente libro), es un deber de las personas e instituciones que trabajan con fauna considerar el sufrimiento y bienestar animal dentro de las acciones de investigación, manejo y uso de las poblaciones naturales.

Estos temas tienen que ser tratados de manera objetiva e integrarse a los indicadores de la salud, ya que la mala adaptación conlleva al deterioro del individuo y de la población. Desde que Hans Selye en 1936 definió el Síndrome General de Adaptación, la literatura sobre los mecanismos fisiológicos regulatorios documenta amplia y profundamente los procesos de respuesta a los estímulos ambientales y la inducción a enfermedades sistémicas mediante cambios en la regulación de los procesos metabólicos y alteraciones celulares (Endröczy, 1991).

Al efecto del estrés se le ha dado gran relevancia en las condiciones en cautiverio. Yerkes en 1925 ya llamaba la atención sobre la importancia de la

estimulación de los animales cautivos y por décadas se han dedicado esfuerzos y recursos para entender y disminuir los problemas de adaptación a los ambientes artificiales, que se reconoce como uno de los grandes limitantes para el bienestar (Erwin, Maple, & Mitchell, 1979; Hediger, 1955). A finales de la década de los 70's, Markowitz (1982) le dio forma a las nuevas propuestas que buscaban estimular el comportamiento de los animales y por ende disminuir el estrés mediante hábitats más complejos y retadores; dándole los nombres de ingeniería ambiental de zoológicos y enriquecimiento ambiental. Entonces, si los animales son tan sensibles a los cambios ambientales en cautiverio, ¿la salud de la fauna silvestre podría estar afectada por estrés a causa de los disturbios en los hábitats naturales, en eventos antropogénicos como deforestación, obras de ingeniería y cambios en los sonidos (ruido) y luminosidad (luz artificial)?

Desafortunadamente la información en vida silvestre no es tan amplia y documentada como en cautiverio, pero de todas formas se puede decir que hay evidencia de que sí. Algunos estudios muestran efectos de la iluminación artificial, el ruido y las actividades antropogénicas sobre las poblaciones silvestres (Bautista *et al.*, 2004; Bird, Branch, & Miller, 2004; González, Arroyo, Margalida, Sánchez, & Oria, 2006). Kock *et al.* (2007) le atribuyeron al estrés y trauma las altas mortalidades ocurridas en hirolas o antílopes de cuatro ojos (*Beatragus hunteri*) reintroducidos. Entonces, podemos decir que hay suficientes argumentos de salud y conservación para que las personas trabajando en campo integren el concepto de bienestar animal, además de los razonamientos puramente éticos y humanitarios.

Aunque el hecho de diagnosticar estrés es de por sí relevante, su medición da información sobre la capacidad individual y poblacional de adaptación a los disturbios, pero no explica cómo estos modifican la vida de los animales. Por lo

tanto, la evaluación de bienestar en la vida silvestre se dificulta sobre todo si se quiere hacer de manera sistemática y relacionarse con eventos antropogénicos directos:

-¿Cómo las acciones del ser humano en un lugar afectan la calidad de vida de la fauna?-

El Consejo de Bienestar de Animales de Granja de Gran Bretaña (Farm Animal Welfare Council, FAWC), formuló cinco libertades para definir el bienestar de los animales de producción, que aunque sus argumentos son objeto de discusión, podrían dar la base para generar un marco con-

ceptual sobre el significado de bienestar en la vida silvestre que está bajo presión antropogénica. En concordancia con el ejemplo que se muestra en la Tabla 8, este puede ofrecer un esquema lógico y comprensivo para el análisis del estado de la salud de una comunidad comprendido desde el contexto de sistema natural y acorde con las condiciones del lugar. También, como se podría inferir de esta tabla, ayudaría a anticipar problemáticas y a formular acciones de manejo y lineamientos para su uso y explotación (si este es el caso).

Tabla 8. Ejemplo para la aplicación de las cinco libertades en el concepto de bienestar de la fauna silvestre en los ecosistemas naturales que se encuentren bajo presión antropogénica.

Enunciado de las libertades animales para animales de producción (FAWC)	Propuesta para la formulación de los postulados para la fauna silvestre en lugares con presión antrópica	Ejemplos de preguntas orientadoras para la interpretación del impacto sobre el bienestar de la vida silvestre en un lugar por una actividad humana
Libre de hambre, sed y malnutrición	La actividad humana no debe alterar la libertad de obtener alimento y agua según la oferta natural del lugar.	<ul style="list-style-type: none"> - ¿La actividad antropogénica dificulta o evita el acceso de la fauna a fuentes de agua sin contaminar en cualquier época del año? - ¿La actividad antropogénica produce dificultad en el acceso de la fauna a fuentes de alimento en cualquier época de año? - ¿Hay sugerencia de morbilidad, mortalidad o extinción local de especies animales por deficiencia de agua y alimentos derivada de las actividades antropogénicas?
Libre de incomodidad o discomfort	La actividad humana no debe alterar la libertad de utilizar el espacio según con la oferta natural del lugar.	<ul style="list-style-type: none"> - ¿La actividad ha modificado el uso de espacio, la disponibilidad de refugios y/o de los mecanismos de escape utilizados por una especie en el lugar? - ¿La actividad antropogénica produce sonidos, luminosidad o generación de partículas que alteren el comportamiento de la fauna o generen signos de estrés?
Libre del dolor, heridas, lesiones y de la enfermedad	La actividad humana no debe ser fuente de dolor, lesiones y de la enfermedad para la fauna.	<ul style="list-style-type: none"> - ¿La actividad ha generado accidentes en la fauna que resultaran en trauma y/o muerte? - ¿Hay evidencia de que la actividad humana haya favorecido la emersión de enfermedades en la fauna en el lugar?
Libre para expresar sus pautas de comportamiento natural	La actividad humana no debe alterar la libertad de expresar las pautas de comportamiento acordes con las condiciones naturales del lugar.	- ¿La actividad humana ha alterado los patrones de comportamiento de la fauna y de la cual se infieren impactos negativos sobre la población y comunidad? (por ejemplo, reproductivos, alimenticios, sociales, defensivos, evitar o escapar de predadores), y/o de orientación, uso de espacio o migración?
Libre de miedo, angustia y ansiedad	La actividad humana no debe ser fuente de miedo, angustia o ansiedad para la fauna.	¿Hay evidencia de que la actividad humana este generando signos de estrés en la fauna en el lugar?

Un problema que concierne también al estrés pero tiene diferente origen, es el efecto sobre la salud que tiene la captura, manipulación y seguimiento en vida silvestre por parte de las personas que están trabajando con fauna en el campo. Específicamente, el equipo interesado en tomar datos de los animales con frecuencia tiene que asumir el riesgo que representa la captura y manipulación con el fin de registrar la información necesaria. Tampoco es extraordinario que para la identificación taxonómica plena se sacrifiquen y colecten ejemplares, lo que posteriormente se depositan en museos o colecciones biológicas como material de referencia. En este sentido, el nivel individuo, además de contribuir con valiosos datos y al esquema general del trabajo, es de especial interés desde la perspectiva “bienestar y ética”, conceptos que en este contexto

muchas veces pierden peso ante el propósito “conservación”. El hecho que el diseño incluya el concepto individuo obliga a los investigadores a considerar antes de iniciar las labores de campo el efecto de sus actividades en los organismos; como por ejemplo, respuesta de las especies al disturbio e impactos del investigador, sensibilidad a los diferentes métodos de captura, manipulación, transporte y mantenimiento, necesidad real de colección (especies y número de ejemplares) y métodos de eutanasia, y enfermedades y riesgos biomédicos (Fried *et al.*, 1996). También, ayuda a resaltar y entender las implicaciones éticas cuando se están formulando acciones para la conservación y la extensión de la intervención directa sobre la vida silvestre en circunstancias que comprometen el bienestar de los animales (Kirkwood & Sainsbury, 1996).

Caso 2-1: BIENESTAR A TRAVÉS DE LAS CINCO LIBERTADES EN LA NUTRIA DE RÍO (*Lontra longicaudis*) Y NUTRIA GIGANTE (*Pteronura brasiliensis*) EN CAUTIVERIO

Dayana Prieto Sánchez & Victoria Pereira-Bengoia. Centro Araguatos & Universidad de la Salle.

Objetivo general:

La evaluación del bienestar en los animales silvestres en cautividad puede ser complicado por aspectos inherentes a los animales como el encierro mismo *per se*, el hecho que en su mayoría son animales que han sido extraídos de su medio natural y que conservan sus instintos silvestres naturales y por condiciones inherentes a los evaluadores como el hecho que el proceso puede basarse en percepciones subjetivas, poco cuantificables o que simplemente se basan en los requerimientos de otras especies (animales domésticos) o bajo otras condiciones de confinamiento (producción o mataderos). Se desarrolló un sistema cuantitativo para evaluar las cinco libertades de los animales en las nutrias *Lontra longicaudis* y *Pteronura brasiliensis* en cautiverio y que puede ser modificado para ser aplicado en otras especies según sus requerimientos propios.

Metodología:

A través de la consulta de literatura científica en revistas indexadas, páginas web y entrevistas a biólogos y veterinarios con experiencia en el cuidado de las nutrias en Colombia, se establecieron los parámetros generales para la evaluación de cada libertad para cada especie y a cada uno de ellos se le asignó uno o varios indicadores de evaluación medibles con un cuestionario o revisión de actividades dentro de la institución.

Resultados:

Se determinaron los parámetros generales de cumplimiento para cada libertad con criterios claros para las nutrias en cautiverio a través de preguntas binarias cerradas cuyas únicas respuestas posibles eran sí o no de acuerdo con su cumplimiento. La pregunta o indicador, se estableció siempre de tal manera que al responder afirmativamente, se cumplía una condición que favorecía el bienestar de los animales. A continuación se presentan los 66 indicadores desarrollados y discriminados para cada una de las libertades.

A. Libre de hambre, sed y malnutrición

Los parámetros para esta libertad incluyen: cantidad y calidad nutricional, conducta alimenticia, enriquecimiento alimenticio, competencia entre los animales y conservación del alimento. Los indicadores y criterios de evaluación son:

-A1: *¿Los animales presentan buena condición corporal?* El rango en condición de carnes se consideró entre 1-5 para las dos especies. **Si**, cuando es de 3.5 en adelante. **No**, cuando es menor a 3.5.

-A2: *¿Los animales cuentan con agua de bebida pura y fresca constantemente independiente de la piscina de inmersión?* **Si**, Por lo menos un acceso a agua potable en el encierro. **No**, Ningún acceso a agua potable en el encierro.

-A3: *¿Los animales tienen la oportunidad de cazar su propio alimento?* **Si**; Cuando por lo menos dos veces a la semana se les brinda presa viva. **No**, Cuando ningún día a la semana se les brinda presa viva.

-A4: *¿La cantidad de alimento que dan a cada animal es la adecuada para su especie, peso y estado fisiológico?* **Si**. Si el zootecnista maneja un programa de dietas en donde se tiene en cuenta el peso y estado fisiológico de las nutrias. **No**, si el zootecnista no maneja ningún programa de dietas donde se tenga en cuenta el peso y estado fisiológico de las nutrias, o no existe zootecnista o profesional encargado de esta tarea.

-A5: *¿Se hace seguimiento del consumo de cada animal?* **Si**, si el cuidador confirma el seguimiento diario y se observó haciéndolo durante la visita de evaluación, **No**, si el manejador reporta que no hay seguimiento o se observa indiferencia al momento de alimentarlo y en su trabajo diario no lo hace.

-A6: *¿Los componentes de la ración son adecuados según los requerimientos nutricionales de los animales?* **Si**: cuando se tiene en cuenta el comportamiento alimenticio del animal en su hábitat natural. **No**: cuando no se tiene en cuenta el comportamiento alimenticio del animal en su hábitat natural.

-A7: *¿Se dan diferentes tipos de dietas en la semana a los animales?* **Si**: La institución cuenta con por lo menos 3 menús diferentes para ofrecer a los animales en la semana. **No**: La institución solo tiene un menú para ofrecer a los animales todos los días.

-A8: *¿Se alimenta más de dos veces al día a los animales?* **Si**, si el cuidador reporta los horarios para alimentar a las nutrias y se observa que se alimentan más de dos veces al día. **No**. Si solo se alimentan una o dos veces al día.

-A9: *¿Se practican métodos de enriquecimiento alimenticio?* **Si**, si se tiene un programa de enriquecimiento alimenticio. **No**, si no se practica ningún método de enriquecimiento alimenticio.

-A10: *¿El enriquecimiento se practica varias veces por semana?* **Si**, cuando el enriquecimiento se practica mínimo 3 veces por semana. **No**, cuando solo se practica el enriquecimiento 1 o 2 veces a la semana o no se hace nunca.

-A11: *¿El alimento se mantiene fresco y/o refrigerado?* **Si**, si se cuenta con neveras especiales para el almacenamiento del alimento y en caso de ser presa viva, se cuentan con cultivos especializados de pescado. **No**, si no se cuentan con neveras especiales para almacenar el alimento o alguna clase de cultivo de pescado.

-A12: *¿A la hora de alimentar los animales, existe armonía entre ellos?* **Si**, si no se observa ningún tipo de agresividad entre los animales en el momento que se les brinda el alimento. **No**, si existen agresiones o vocalizaciones agresivas en el momento de brindar alimento a las nutrias.

-A13: *¿La proteína que se le proporciona a los animales en la dieta está entre un rango de 24%-32%?* **Si**, si el zootecnista reporta que la cantidad de proteína que proporcionan en la dieta a las nutrias está entre este rango y/o se puede observar en su tabla de dietas. **No**, si el zootecnista reporta que la cantidad de proteína que proporcionan en la dieta a las nutrias no está entre este rango.

-A14: *¿La grasa que se le proporciona a los animales en la dieta está entre un rango de 15%-30%?* **Si**, si el zootecnista reporta que la cantidad de grasa que proporcionan en la dieta a las nutrias está entre este rango y **No**, si el zootecnista reporta que la cantidad de grasa que proporcionan en la dieta a las nutrias está entre este rango.

-A15: *¿Los animales se suplementan con vitaminas?* **Si**, si el zootecnista suplementa con vitaminas a las nutrias. **No**, si el zootecnista responde que no se le da ningún tipo de suplementación vitamínica a las nutrias.

B. Libre de incomodidad

Los parámetros generales que se tuvieron en cuenta para esta libertad incluyeron: Acceso a las fuentes de agua (cantidad, temperatura, corriente, filtración y profundidad); instalaciones (temperatura y ventilación, área, complejidad, sonidos, olores, feromonas y refugios) y competencia entre animales. Los siguientes fueron los indicadores y criterios de evaluación:

-B1: *¿Por lo menos el 40% de la cobertura del encierro es agua?* **Si**, cuando por lo menos el 40% de las medidas del encierro corresponden al área acuática y se hace observación confirmativa. **No**, si se observa que una proporción menor.

-B2: *¿Se hace seguimiento a °T del agua?* **Si**, si se tiene un termómetro dentro o fuera del agua para tomar las temperaturas de la misma y existen reportes de la institución. **No**, si no se tienen reportes de la temperatura del agua ni se cuenta con termómetro.

-B3: *¿El agua del encierro tiene corriente?* **Si**, si en la piscina del encierro se observa corriente o algo que la produzca y **No** si en la piscina se observa sin ningún tipo de corriente.

-B4: *¿Dentro del agua hay diferentes profundidades y niveles?* **Si**, si se observan diferentes tipos de profundidades ya sean por la misma estructura de la piscina o por objetos puestos dentro de ella. **No**, si no existen diferentes profundidades dentro de la piscina.

-B5: *¿Se cuenta con mecanismos de filtración de agua?* **Si**, si el técnico de aguas o manejador en la descripción del funcionamiento de la piscina nombra el tipo de filtro con el que cuentan. **No** si no existe ningún tipo de filtro en el agua.

-B6: *¿Se agrega alguna sustancia química al agua para mantener la calidad física química del agua?* **Si**, si el cuidador de la nutrias reporta la aplicación de algún tipo de sustancia química al agua. **No**, si el manejador no reporta la aplicación de ningún tipo de sustancia química al agua.

-B7: *¿Se hacen exámenes químicos de rutina al agua?* **Si**, si existen reportes de resultados. **No** si no existen reportes de resultados.

-B8: *¿Se hacen exámenes físicos de rutina al agua?* **Si**, si existen reportes de resultados. **No**, si no existen reportes de resultados.

-B9: *¿Se tiene control de la °T del encierro?* **Si**, si en el encierro existe un termómetro que registre la °T constantemente y **No** si no existe un termómetro dentro del encierro.

-B10: *¿El encierro está provisto de refugios para los animales?* **Si**, Se observa por lo menos un refugio o guarida dentro del encierro para los animales y **No**, si no se observa ningún refugio o guarida para los animales dentro del encierro.

-B11: *¿El encierro proporciona refugio para todos los animales?* **Si**, si existe más de un refugio en el encierro y si solo hay uno que sea lo suficientemente amplio para que quepan los animales del encierro y **No** si solo hay un refugio para varios animales o es muy pequeño para todos.

-B12: *¿Por lo menos alguna parte del sustrato terrestre es natural?* **Si**, si el evaluador observa que alguna sección de la parte terrestre es natural y **No**, si toda la parte terrestre no es ni tiene ninguna sección natural.

-B13: *¿Se cuenta con el espacio adecuado para todos los animales?* **Si**, si *Pteronura sp.* tiene por lo menos 240m² de área para dos animales y *Lontra sp.* por lo menos 150m² de área para dos animales. **No**, si el encierro es mucho más pequeño que las medidas estipuladas por los estándares.

-B14: *¿Pueden los animales interactuar con el mobiliario del encierro?* **Si**, si se observa que las nutrias juegan e interactúan con los diferentes objetos de enriquecimiento dentro del encierro y **No** si las nutrias no juegan y no usan los objetos de enriquecimiento dentro del encierro.

-B15: *¿Se cuentan con barreras auditivas, olfatorias y visuales entre grupos de animales?* **Si**: Las nutrias se encuentran en encierros totalmente independientes de acuerdo con su especie. **No**: Las nutrias tienen contacto visual, auditivo y olfativo con nutrias de otra especie o predadores potenciales.

-B16: *¿En caso de tener más de dos animales en el encierro existe la posibilidad de aislarse visualmente entre ellos?* **Si**: Existen obstáculos visuales del tamaño apropiado dentro del encierro para aislarse y **No**: No existen obstáculos visuales dentro del encierro.

C. Libre de dolor, heridas, lesiones y enfermedad

Los parámetros generales que se tuvieron en cuenta para esta libertad incluyeron: estado físico de los animales, plan sanitario e higiene, métodos diagnósticos, tratamientos. Los indicadores y los criterios de evaluación son:

-C1: *¿Los animales se encuentran sin lesiones físicas evidentes?* **Si:** El evaluador observa que las nutrias no tienen lesiones físicas evidentes y **No:** El evaluador observa que las nutrias si tienen lesiones físicas evidentes.

-C2: *¿Los animales no presentan ningún comportamiento que denote dolor o lesión de enfermedad, incomodidad? (cojera, depresión etc.)* **Si:** El evaluador observa que las nutrias no demuestran ningún comportamiento que denote cojera, depresión, etc. **No:** El evaluador observa en las nutrias comportamientos de dolor.

-C3: *¿Se cuenta con un veterinario especializado en animales silvestres?* **Si:** El veterinario a cargo está especializado en silvestres o tiene una amplia experiencia. **No:** El veterinario a cargo no está especializado en animales silvestres.

-C4: *¿Se cuenta con técnicas diagnósticas dentro y/o fuera de la institución?* **Si:** El veterinario reporta las diferentes muestras procesadas dentro o fuera de la institución. **No:** La institución no está en capacidad de procesar muestras dentro o fuera de ella.

-C5: *¿No se han presentado patologías en los animales?* **Si:** En la historia médica no se reporta el padecimiento de algún tipo de patología. **No:** En la historia clínica se ha reportado estados patológicos en los animales.

-C6: *¿Se cuenta con espacio para aislar los animales en tratamiento y recuperación de ser necesario?* **Si:** El evaluador observa el espacio destinado para el aislamiento de las nutrias. **No:** El evaluador observa que no se cuenta con ningún tipo de espacio destinado al aislamiento de las nutrias.

-C7: *¿Existe clínica veterinaria equipada para el examen y tratamiento de los animales?* **Si:** El evaluador observa la calidad y dotación de la clínica veterinaria. **No:** El evaluador no ve ni reporta el veterinario la existencia de una clínica vet.

-C8: *¿Existe un área de almacenamiento de medicamentos adecuada?* **Si:** El evaluador observa un área adecuada para el almacenamiento de medicamentos. **No:** No existe un área especializada en el almacenamiento de los medicamentos.

-C9: *¿Se hace necropsia a los animales fallecidos?* **Si:** El evaluador observa los reportes de necropsia. **No:** No existen reportes de necropsia.

-C10: *¿Se manejan registros veterinarios de los animales desde su llegada a la institución?* **Si:** Observación de registros veterinario con las anotaciones pertinentes desde la llegada de los animales. **No:** No se cuentan con registros veterinarios y en el caso contrario no cuentan con la información pertinente desde la llegada de los animales.

-C11: *¿Se realiza cuarentena a los animales antes de ingresar a su encierro definitivo?* **Si:** El evaluador observa el área de cuarentena de la institución. **No:** La institución no cuenta con ningún área destinada a la cuarentena de animales nuevos.

-C12: *¿Se realizan tratamientos preventivos de desparasitación u otros?* **Si:** Observación de los registros médicos o Historia Clínica de las nutrias donde se reporten los diferentes tratamientos preventivos. **No:** En los registros médicos de las nutrias o H.C no se reporta la realización de ningún tratamiento preventivo.

-C13: *¿Se realizan exámenes clínicos control periódicos de la especie?* **Si:** El veterinario confirma (o la historia clínica) la realización de exámenes clínicos de control de las nutrias. **No:** El veterinario no realiza exámenes clínicos de control a las nutrias, evidenciado en las historias clínicas o el reporte del profesional.

-C14: *¿Se tienen elementos de restricción y manipulación profesionales?* **Si:** La institución cuenta con guantes, pértiga, apretaderas, pistola para la restricción y manipulación de las nutrias. **No:** La institución no cuenta con elemento de restricción básica para las nutrias.

-C15: *¿Se realiza mantenimiento periódico del encierro?* **Si:** Cuando el personal a cargo del manejo de los animales reporta el mantenimiento periódico del encierro de las nutrias y observación directa del estado del encierro. **No:** El encierro se ve en mal estado y el manejador no reporta ningún tipo de mantenimiento a este.

-C16: *¿Se recoge diariamente la materia fecal y los residuos sólidos?* **Si:** El manejador/cuidador de las nutrias confirma el levantamiento de excremento y residuos diariamente en el encierro, el encierro se ve limpio. **No:** El encierro se ve en malas condiciones de higiene y el manejador reporta que no lo limpia a diario.

-C17: *¿Se desocupa periódicamente la piscina para su aseo y desinfección?* **Si:** El técnico de piscina confirma cada cuanto se desocupa la misma para su aseo y desinfección. **No:** El técnico o manejador dice que nunca se desocupa la piscina para asearla.

-C18: *¿Se cambia periódicamente el enriquecimiento ambiental del encierro?* **Si:** El manejador responde afirmativamente a la pregunta y comenta de qué manera se cambia. **No:** El cuidador dice que siempre el acondicionamiento del encierro es igual.

-C19: *¿Se tiene plan de control de plagas o vectores?* **Si:** El manejador o veterinario a cargo confirma que se tiene un plan de control de plagas dentro de la institución. **No:** El veterinario o manejador dicen que no se cuenta con ninguna plan de control de plagas.

D. Libre de miedo, angustia y ansiedad

Los parámetros generales que se tuvieron en cuenta para esta libertad incluyeron; estereotipias, comportamiento entre co-específicos, personal a cargo del manejo de los individuos, otras alteraciones comportamentales, comportamiento con el cuidador y con otras personas. Los indicadores y criterios de evaluación son:

-D1: *¿Los animales se observan sin ninguna estereotipia?* **Si:** El evaluador observa que las nutrias no presentan ningún tipo de movimiento repetitivo sin ninguna causa aparente. **No:** El evaluador observa que las nutrias presentan tipo movimientos repetitivos sin ninguna causa aparente.

-D2: *¿El personal de la institución reporta algún tipo de estereotipia?* **Si:** El veterinario reporta y describe estereotipia en alguno u todos los animales. **No:** El veterinario no reporta ningún tipo de estereotipia en las nutrias.

-D3: *¿Se observa compatibilidad entre los animales del encierro?* **Si:** El evaluador observa armonía por medio del juego, alimentación, etc. entre las nutrias del encierro. **No:** El evaluador observa que no existe o existe poca armonía y compatibilidad entre las nutrias del encierro.

-D4: *¿Se realizan cursos de capacitación o entrenamiento al personal que maneja los animales?* **Si:** El manejador reporta la última capacitación que se realizó o realiza para el manejo de los animales. **No:** El manejador no ha recibido ningún tipo de capacitación desde el momento de su llegada a la institución para el manejo de los animales.

-D5: *¿La interacción animal-cuidador es buena y adecuada?* **Si:** El evaluador observa que en el momento en el que el manejador de las nutrias se acerca a ellas, éstas no demuestran ningún tipo de agresividad al operario. **No:** El evaluador observa que en el momento en el que el manejador de las nutrias se acerca a ellas las nutrias demuestran agresividad y/o desagrado a él/ella.

-D6: *¿El personal que cuida a las nutrias en la institución es siempre el mismo?* **Si:** El cuidador reporta la antigüedad del mismo, la experiencia con las nutrias y un trabajo constante con ellas. **No:** El cuidador reporta que periódicamente la institución lo rota para el manejo de otras especies.

-D7: *¿Las nutrias han estado libres de signos sicosomáticos?* **Si:** El evaluador observa a las nutrias sin ningún signo sicosomático y el veterinario reporta la ausencia de estos. **No:** El evaluador observa a las nutrias con signo sicosomáticos de estrés o el veterinario reporta problemas comportamentales.

-D8: *¿No se han presentado comportamientos anormales?* **Si:** El personal de manejo no reporta ningún tipo de comportamiento anormal. **No:** El personal de manejo reporta algún tipo de comportamiento anormal.

-D9: *¿Se han realizado estudios etológicos a los animales?* **Si:** Dentro de los registros que se tienen de las nutrias se observa y se reporta la realización de un etograma para las nutrias. **No:** No se observa ni se reporta la realización de un etograma o estudio de comportamiento.

-D10: *¿Animales de otra especie se mantienen aislados por barreras físicas de las nutrias?* **Si:** El evaluador observa la existencia de barreras físicas que aislen las nutrias de otros animales. **No:** El evaluador observa que no existen barreras físicas que aislen las nutrias de otros animales.

E. Libre para expresar sus pautas de comportamiento natural

Los parámetros generales que se tuvieron en cuenta para esta libertad incluyeron: estimulación y comportamientos naturales de los animales. Los indicadores y criterios de evaluación para esta libertad son:

-E1: *¿Las nutrias permanecen en el agua más del 50 % del tiempo?* **Si:** El evaluador observa durante la visita que las nutrias están en el agua aproximadamente la mitad del tiempo de observación. **No:** El evaluador observa durante la visita que la mayoría del tiempo las nutrias están por fuera del agua.

-E2: *¿Existe programa de enriquecimiento ambiental para la especie?* **Si:** El veterinario reporta los diferentes enriquecimientos que se practican a las nutrias o muestra el programa de enriquecimiento para ellas. **No:** El veterinario no reporta la existencia de un programa de enriquecimiento o éstos son aislados y poco frecuentes.

-E3: *¿El enriquecimiento (diferente al alimenticio) se realiza a diario?* **Si:** Algún tipo de enriquecimiento diferente al alimenticio se realiza todos los días. **No:** El enriquecimiento diferente al alimenticio no se hace todos los días.

-E4: *¿La conformación etérea del encierro es la adecuada?* **Si:** Cuando según el comportamiento de cada especie de nutria se tiene en cuenta el hecho de ser sociable o solitario. **No:** Cuando según el comportamiento de la nutria no se tiene en cuenta el hecho de ser sociable o solitario.

-E5: *¿Si los animales se encuentran en "pareja" se han reproducido?* **Si:** El veterinario o los registros reportan la existencia de apareamientos y partos de las nutrias. El evaluador observa las crías. **No:** El veterinario o los registros no reportan apareamientos ni partos de las nutrias.

-E6: *¿A través del manejo se respeta la marcación del territorio con señales químicas?* **Si:** En la limpieza se deja alguna parte del territorio "marcado" por las nutrias. El encierro se limpia diariamente pero por secciones. **No:** El encierro se limpia en su totalidad sin tener en cuenta el marcaje territorial de las nutrias.

ÍNDICE DE BIENESTAR DE NUTRIAS EN CAUTIVERIO

Para cuantificar el bienestar de los animales *ex situ* se desarrolló el **Índice de bienestar para las nutrias en cautividad (I.B.N.C)** asumiendo que todas las libertades son igualmente importantes y por esto con el mismo peso dentro de la fórmula (0,2). Este valor se dividió en el número de indicadores desarrollados para cada libertad, dando de esta manera un valor por indicador. La fórmula quedó de la siguiente manera:

$$I.B.N.C = (NLH \times 0.013) + (NLI \times 0.012) + (NLDHE \times 0.010) + (NLMA \times 0.020) + (NLEC \times 0.033).$$

Donde: I.B.N.= Índice de Bienestar en Nutrias; NLH= # de indicadores que se respondieron **Si** en Libre de hambre, sed y malnutrición; NLI= # de indicadores que se respondieron **Si** en Libre de incomodidad; NLDHE= # de indicadores que se respondieron **Si** en Libre de dolor, heridas y enfermedad; NLMA= # de indicadores que se respondieron **Si** en Libre de miedo, angustia y ansiedad; NLEC= # de indicadores que se respondieron **Si** en Libre para expresar su comportamiento natural.

Para la obtención de éste índice en una institución y para cada especie, el evaluador del bienestar debe responder cada una de las preguntas/indicadores y lo multiplica por el peso que cada indicador tiene en la fórmula, al final el resultado se presentará en una escala de 0 a 1. La interpretación en la escala de valoración del bienestar se hace de la siguiente manera: **Pésimo:** 0-0,20; **Malo:** 0,21-0,5; **Regular:** 0,51-0,7; **Bueno:** 0,71-0,90; **Excelente:** 0,91-1.

Conclusiones:

A pesar de la dificultad inherente en el proceso, fue posible construir un sistema de evaluación del bienestar de animales silvestres en cautividad, con el objetivo final de que su aplicación posibilite plantear y desarrollar alternativas de manejo y de contingencia que permitan incrementar el bienestar y la salud de la fauna en instituciones *ex situ*. Se cree que ésta metodología que se desarrolló para las nutrias se puede emplear –obviamente con las modificaciones y adaptaciones requeridas– en otras especies en cautiverio en instituciones de colecciones permanentes como zoológicos y bioparques e incluso en instituciones donde los animales permanecen de manera temporal.

Referencias:

- Arcila, D. A. (2003). Distribución, uso de micro hábitats y dieta de la Nutria Neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) en el cañón del río Alicante, Antioquia, Colombia. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Cheebbar, C. (1991). Plan de acción para las nutrias de Latinoamérica. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. p. 6.
- Duplaix, N. (1980). Observations on the Ecology and Behavior of the Giant river otter *Pteronura brasiliensis* in Suriname. 126 p.
- Duplaix, N. (2002). Giant otter, Final Report.
- Flóres González, L & Capella A. (2004). Guía de campo de los mamíferos acuáticos de Colombia. Ed. Sepia. Ltda. p. 30 -33.
- Gómez R. J. (1999). La nutria gigante de río. Ballestas Impresores Ltda. p. 10.
- Corredor Londoño, G; Tigreros Muñoz, N. (2006). Reproduction, behavior and biology of the Giant river otter *Pteronura brasiliensis* at Cali Zoo. Int. Zoo Yb. p. 360–371.
- Lariviere S. (1999). Mammalian species. N° 609. *Lontra longicaudis*. Publisher 5 May 1999 by the American Society of mammalogists
- Otter Special Group. (2002). Zoo standards for keeping otters in captivity. p 36.
- Parera, A. (1996). Las nutrias verdaderas de la Argentina. Boletín Técnico N° 21. Fundación vida silvestres Argentina. Capital federal Argentina. p. 5.
- WSPA. (Sin fecha). Conceptos sobre el Bienestar de los Animales. CD-ROOM.

En la Figura 12 se muestra un diagrama tomado de Martin & Bateson (1986) y adaptado por los autores, que trasciende sobre los intereses de las disciplinas y es útil para balancear el peso del compromiso del bienestar animal con la investigación y las acciones para la conservación-salud pública, de acuerdo a el beneficio esperado. Lógicamente, este análisis tiene que ser contextualizado a partir de la pertinencia de las metodologías aplicadas, para lo cual el concepto de las tres R's (RRR) en investigación (reducción, reemplazo y refinamiento) puede dar un marco útil para el diseño y evaluación de los estudios en vida libre. Las consideraciones éticas no sólo se extienden a las acciones invasivas sobre los animales, ya que

por ejemplo, el solo hecho de observar animales libres en su hábitat natural puede conllevar la alteración de su comportamiento (Martin & Bateson, 1986). Por ejemplo, un estudio sobre el dolor en iguanas mostró cómo los animales exhibían un incremento de 10°C en la tolerancia al estímulo de calor en la cola cuando el animal podía ver al observador en comparación a cuando no lo veía (M. G. Hawkins, 2006).

Finalmente, hay otro problema que representa un dilema a partir de los intereses de las personas que manejan fauna y que tiene implicaciones éticas importantes, debido a que representa una paradoja entre el bien y el mal. Uno de los ejemplos más relevantes en este sentido es el que ocurre en

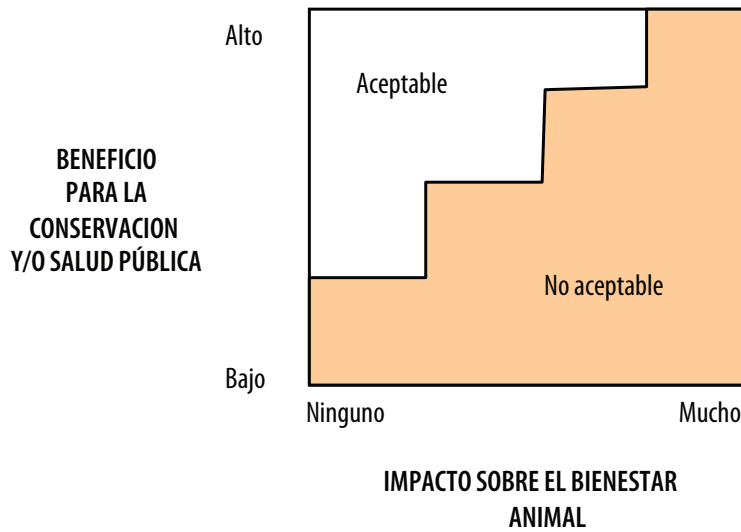


Figura 12. Diagrama que muestra el peso que debe tener el bienestar del animal en los estudios y acciones para la conservación y salud pública. El área oscura representa los procedimientos que no se deberían llevar a cabo debido a que involucran impacto inaceptable sobre el bienestar animal o porque representan bajo beneficio para la conservación. Modificado de Martin & Bateson (1986).

el manejo de especies invasoras, que según Courchamp *et al.* (2003) implica el control y/o la erradicación mediante métodos tradicionales (barrera, trampeo, disparo, envenenamiento) y biológicos (decrecimiento de la sobrevivencia y/o reproducción). De acuerdo con la revisión de estos autores en invasiones de mamíferos en islas, una especie introducida en un lugar puede tener efectos que causen deterioros en la genética, los individuos, la dinámica poblacional, la estructura de la comunidad y las funciones del ecosistema. No todos sin embargo, están de acuerdo con las acciones de control por razones humanitarias.

El dilema lo expresa bien Perry & Perry (2008): “A menudo se considera que las especies invasoras son una amenaza mayor para la biodiversidad, lo que ha llevado a que biólogos de la conservación recomienden su erradicación completa. Los grupos pro derechos de los animales típicamente se oponen categóricamente a matar animales y su oposición ha detenido intentos para erradicar ardillas grises en el norte de Italia (Europa) y cisnes en Vermont (Estados

Unidos). Como resultado, las ardillas rojas nativas pueden desaparecer de Europa y se esperan impactos a nivel ecosistema provocados por el cisne”.

Parecería entonces, que el conflicto naciera de los principios humanitarios (bienestar animal) y conservacionistas (el bienestar de la especie). El divorcio entre los intereses de los dos grupos se manifiesta en el siguiente extracto de Courchamp *et al.*, (2003): “El tercer mayor problema en usar métodos biológicos para reducir las especies de mamíferos plaga es de naturaleza ética. Debido a que patógenos son más usados en el biocontrol de mamíferos, hay mayor preocupación acerca de la seguridad y ética que en los programas clásicos de control en ecosistemas agrícolas. La mayoría de patógenos, por ejemplo, inductores de enfermedades que causan sufrimiento antes de la muerte del huésped definitivo, puede ser difícil de justificar. A pesar de que representantes de algunas asociaciones de derechos animales están de acuerdo en que la muerte de unos pocos individuos por control es más aceptable que la pérdida de cientos de individuos, bien sea por acciones directas o

indirectas de las especies invasivas, ellos raramente aceptan métodos que induzcan el sufrimiento. El uso de patógenos también genera preocupaciones por la seguridad de otras poblaciones y otras especies, incluyendo los humanos”.

El texto dirige la preocupación hacia la posición de los defensores de los animales (como una consecuencia negativa) y no hacia el problema real, que es el sufrimiento producido por el método de control. Es decir, el factor bienestar animal-ética pareciera que no es competencia de la persona interesada en la conservación de las especies, lo cual no puede ser cierto de acuerdo con lo que se discutió anteriormente.

- ¿Es posible llegar al consenso ético en posiciones que son tan opuestas?-

La respuesta es sí, pero este debe iniciarse dentro del mismo consenso grupal de igual forma que se mostró en la Figura 11. En este sentido a diferencia de lo expresado en el último texto referido, el grupo debe asumir el conflicto ético como propio y dentro de la pluralidad del pensamiento que debe mantener en el muestreo en tres niveles, garantizar que las decisiones integren diferentes corrientes de pensamiento y puntos de vista (la transdisciplinaridad debe buscar la integración del conocimiento y no la jerarquización y/o unificación del pensamiento según la Figura 10 (ver por ejemplo a Mitchell & Dietrich, 2006).

Entonces, la reflexión y el diálogo se utilizan para abordar el conflicto de intereses y posiciones desde lo práctico al interior del grupo (decisión ética) y el exterior (justificación ética), por lo que es necesario que se integren prácticas de negociación integradora, como por ejemplo las siguientes formuladas por Fisher & Uri (1984):

- Declarar en forma clara e inequívoca lo que se quiere.
- Enviar un mensaje claro sobre la intención de ser flexibles en el proceso y la preocupación por los intereses de los otros.

- Demostrar voluntad al cambio que concilie los intereses.
- Demostrar capacidad de resolver problemas.
- Mantener los canales de comunicación abiertos.
- Comunicar adecuadamente los intereses fundamentales.
- Reexaminar cualquier elemento que sea inaceptable para los otros.

Es decir, que teniendo en cuenta a estos autores, hay que ser duros con el problema (el sufrimiento animal versus la efectos negativos de la invasión) y suaves con la gente (el problema debe separarse de las personas o los grupos). Es más, la diferencia de intereses, en este caso al interior y exterior del grupo transdisciplinario, es una oportunidad para crear valor que en la problemática de especies invasoras podría derivarse en la anticipación de efectos negativos de las acciones, formulación de nuevas estrategias, innovación de métodos y la unión de esfuerzos financieros y operativos (Lax & Sebenius, 1986). Perry & Perry (2008) dan unos ejemplos exitosos de trabajo conjunto que demuestran que es posible y deseable hacerlo.

Sin embargo, no siempre podrá llegarse una solución única y concertada, debido a lo cual con alguna frecuencia en la práctica hay que tomar decisiones que podrán ser controvertidas. En este caso, el consenso ético depende de la validez y calidad de los procesos en los que se apoya la decisión y no en ésta *per se*; por lo que tiene que ser el resultado de procedimientos documentados, sistemáticos y balanceados que consideren elementos del animal, población-comunidad y ecosistema.

Para ilustrar este punto, se puede retomar la problemática tratada en el capítulo anterior sobre la disposición de la fauna decomisada, en la que las presiones internas y externas que tienen los rehabilitadores dependen de varios factores que incluyen elementos emotivos,

morales, sociales, económicos, culturales, políticos, técnicos y disciplinares (la prioridades y valores muchas veces dependen de su misma formación disciplinar), entre otros.

Si se mira con cuidado la Figura 13, el rehabilitador, que tiene tres alternativas (liberación, cautiverio y eutanasia) para disponer de la fauna decomisada, se encontrará dentro de una paradoja por las fuerzas extremas en pro (+) y en contra (-) de la liberación generadas por los grupos con intereses humanitarios por un lado y conservacionistas por el otro. Estos grupos a su vez, ejercerán fuerzas contrarias para que los animales sean dispuestos en cautiverio o se les practique la eutanasia; dejando al rehabilitador ante en una paradoja moral, política e inclusive legal, cuya salida está precisamente en la forma como toma la decisión y no en el resultado. Sus protocolos se-

rán su única justificación ética y técnica y se constituirán en la eventual defensa de sus decisiones, inclusive ante acciones legales.

Una controversia generada en Colombia en 2009 por el sacrificio de un ejemplar de hipopótamo asilvestrado en la cuenca media del Magdalena por las autoridades ambientales ilustra este punto, ya que ante la polémica pública generada quedó al desnudo la falta de experiencia y de criterios técnicos y científicos en la toma de la decisión, planeación y ejecución. Independientemente de si la eutanasia era o no recomendable desde el punto de vista de la conservación y seguridad pública, la forma como se realizó el sacrificio y la debilidad de los argumentos oficiales generaron fuertes reacciones humanitarias que solamente pudieron ser contenidas al invitar a un grupo de especialistas africanos.

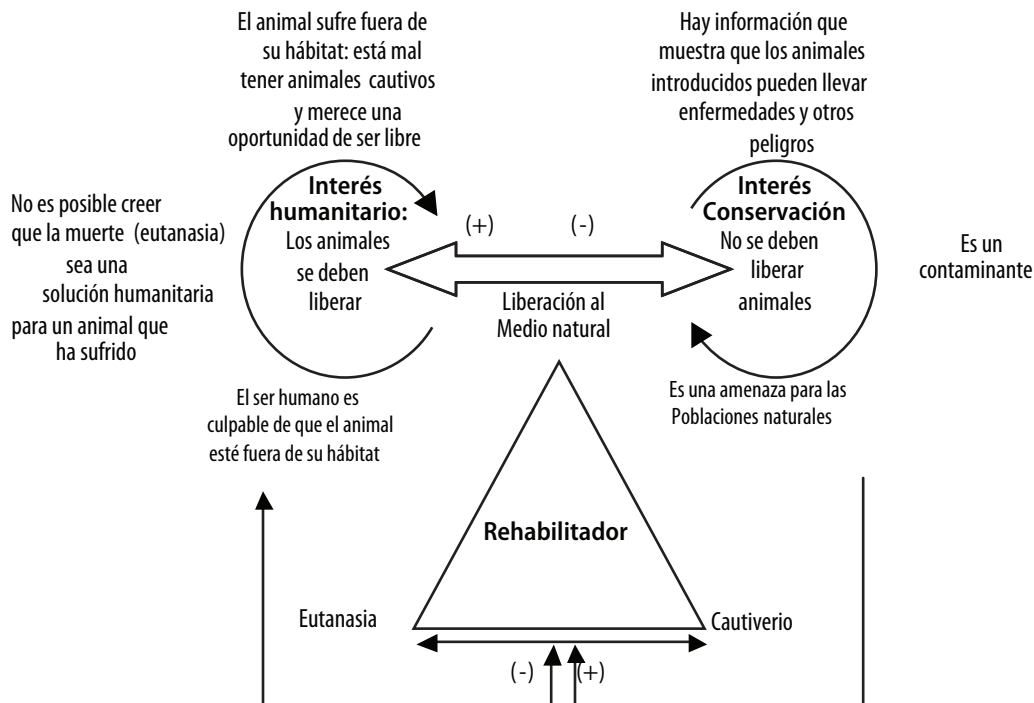


Figura 13. Paradoja del rehabilitador de fauna decomisada por las fuerzas opuestas creadas por los intereses humanitarios y de conservación con respecto a la liberación de animales en el medio natural. Fuente: F. Nassar-Montoya.

La bioseguridad

Bioseguridad individual y local

El concepto de bioseguridad está altamente desarrollado en condiciones de cautiverio y en explotaciones pecuarias intensivas, pero no tiene alta cabida dentro del trabajo de campo. Desafortunadamente las medidas para la prevención de riesgos con frecuencia se miran con desdén debido a que parecen poco prácticas y se consideran dispendiosas. Esta situación conlleva a que en varios países latinoamericanos no se hace la previsión de riesgos profesionales en los equipos que trabajan con fauna en hábitats naturales incluyendo espacios académicos como son las prácticas universitarias, ni tampoco se midan bien las consecuencias sobre la seguridad de los habitantes locales de las acciones que se realizan. Una buena guía para las personas que trabajan en campo es el libro de Conover (2002), que describe los conflictos entre la fauna y las poblaciones humanas, en la que analiza las situaciones en las que los animales representan una amenaza para su seguridad por mordeduras de serpientes, ataques de carnívoros, herbívoros, tiburones y cocodrilos y zoonosis. También, trata los daños a los bienes y cultivos y el impacto negativo de las especies exóticas e incluye varias formas de manejo y control para situaciones de conflicto.

La bioseguridad del personal trabajando en campo debe dirigirse a evitar accidentes con los animales (ofídicos y ataques a personas o animales), traumatismos físicos y la transmisión de enfermedades por la intervención en el ecosistema natural. Y adicionalmente, aunque no dentro del campo de la bioseguridad, se deben evitar los daños a los bienes muebles e instalaciones. Las poblaciones que podrían estar en riesgo incluyen:

- Seres humanos:
 - Personal del equipo de trabajo.
 - Otro personal que se encuentre en el área de influencia.
- Animales
 - Personas y familias residentes en la localidad.
 - Otras personas que visiten la zona (por ejemplo, turistas y visitantes de parques naturales).
 - Personas localizadas fuera de la zona que tengan contacto con el personal que viaje luego del trabajo de campo podrían estar expuestas a agentes parasitarios.
 - Personal localizado fuera de la zona que tenga contacto con muestras y equipos contaminados (por ejemplo, laboratorio).
 - Animales domésticos y de producción localizados en el área.
 - Fauna residente.
 - Fauna migratoria.
 - Animales de poblaciones localizadas fuera de la zona que tengan contacto con el personal y sus equipos, que viaje luego del trabajo de campo podrían estar expuestos a agentes parasitarios exóticos (a este tipo de contaminación se le llama polución de patógenos (Daszak *et al.*, 2000).

La posibilidad de lesiones físicas o daños de bienes por animales es especialmente importante en programas de rehabilitación de fauna decomisada, traslocación y reintroducción [por ejemplo, Nadeau *et al.* (2008) que reportan conflictos producidos por lobos reintroducidos en Estados Unidos; Jayson *et al.* (2006) registran ataques a animales y personas por cocodrilos liberados en la India; Koch (1996) conflictos creados por elefantes y Breitenmoser & Haller (1993) conflictos con los granjeros y predación de ganado por lince reintroducido en Europa, inclusive en especies pequeñas que pueden considerarse de bajo riesgo para el ser humano. Aunque la documentación sobre esta problemática es escasa para programas de liberación de fauna decomisada, observaciones de los autores demuestran que

este procedimiento conlleva riesgos para las personas en las áreas de influencia de los proyectos que deben preverse, como por ejemplo fue el caso de un pequeño mico maicero (*Cebus albifrons*) que atacó a personas e hizo daños en las casas de la finca en donde había sido liberado junto con su grupo (Pérez-Sánchez *et al.*, 2006), y el de la liberación de tres osos andinos (*Tremarctos ornatus*) en la Reserva Maquipucuna en Ecuador por la WSPA que después de varios meses empezaron a preñar el ganado y a producir daños en algunas las casas. Weisel (2000) reporta ataques a aves de corral por 3 de 4 margays (*Leopardus wiedii*) y un ocelote (*Leopardus pardalis*) liberados en Costa Rica.

Aunque los accidentes ofídicos indudablemente representan una amenaza importante en el campo para los investigadores, quizás el riesgo más grande de trabajar con fauna silvestre se debe a la posibilidad de contacto con nuevos agentes o parásitos patógenos, muchos de los cuales podrían ser difíciles de identificar. (Johnson-Delaney, 1996; Peters & LeDuc, 1999).

Igualmente importante es el hecho que el personal también tiene que considerar, y es que

algunas enfermedades de los seres humanos pueden ser transmitidas a los animales (antropozoonosis) y por tanto, debe tomar medidas de precaución como son las prácticas básicas de higiene, emplear el equipo de protección adecuado y el evitar que personal enfermo entre a las áreas naturales o manipule animales o trampas (Hastings, Kenny, Lowenstine, & Foster, 1991; Thorne & Williams, 1988). En la actualidad se han extremado las medidas de bioseguridad en el trabajo en aves (sobre todo las especies acuáticas) debido a la emergencia global de la influenza aviar ocasionada por virus de alta patogenicidad y algunas técnicas de campo que incluyen aspectos de bioseguridad para los anfibios en el marco de la emergencia de la quitridiomycosis en Latinoamérica (A. A Aguirre & Lampo, 2006) y el mundo.

En la Tabla 9, se muestran algunas enfermedades de importancia para el personal que trabaja con fauna silvestre en el neotrópico, ya sea porque actúan como receptores de los agentes infecciosos (enfermedades zoonóticas) o por que sean vectores, vehículos y transmisores de ellas a las poblaciones de fauna (antropozoonóticas).

Tabla 9. Patógenos que podrían ser de importancia para las personas trabajando en el campo en el neotrópico, por el riesgo que representan para su salud o por poder actuar cómo transmisores para otras poblaciones animales.

Especies	Agente/Enfermedad	Observaciones
Transmisión desde los animales al personal o investigador		
Reptiles y anfibios	<i>Salmonella</i> sp. (Salmonelosis)	Con frecuencia los profesionales diferentes a las ciencias de la salud animal y humana no perciben un peligro.
	<i>Cryptosporidium</i> sp.	
Quirópteros (Murciélagos)	Virus de la rabia (rabia de origen silvestre)	Con frecuencia los profesionales diferentes a las ciencias de la salud animal y humana no perciben un peligro. Rara vez están vacunados o conocen las zonas endémicas. Es recomendable que todos los investigadores que trabajen en campo con murciélagos se vacunen 4 contra la rabia. Se debe tener un plan de manejo ante mordeduras y accidentes rábicos.
	<i>Histoplasma capsulatum</i> (Histoplasmosis)	Con frecuencia los profesionales diferentes a las ciencias de la salud animal y humana no perciben un peligro. No se toman medidas de prevención.
	Coronavirus	Diversos coronavirus se han aislado recientemente en especies frugívoras.

Especies	Agente/Enfermedad	Observaciones
Roedores	<i>Leptospirosis</i> sp.	Enfermedad zoonótica importante en países latinoamericanos tropicales y subtropicales.
	<i>Yersinia pestis</i> (Plaga)	
	Hantavirus	A pesar de que en Colombia no hay reportes oficiales de su circulación, es una enfermedad importante en los países del cono sur en donde los casos se presentan regularmente.
	Arenavirus	Estos arenavirus se transmiten al contacto con roedores silvestres.
	<i>Streptobacillus moniliformis</i> <i>Spirillum minus</i> (Fiebre por mordedura de rata)	
Primates	<i>Criptosporidium</i>	
	<i>Mycobacterium</i> sp. (Tuberculosis)	Se recomienda hacer una evaluación pre-exposición en personas que trabajen con primates en campo y <i>ex situ</i> y hacer revisiones periódicas.
	<i>Giardia</i> sp.	
Aves	<i>Mycobacterium avium</i> (Micobacteriosis)	La frecuencia de la transmisión y ocurrencia de la enfermedad en los profesionales es desconocida. Su transmisión es por vía respiratoria o fecal-oral a partir de todas las aves, especialmente las Gallináceas y las acuáticas; produce un cuadro respiratorio y/o de debilitamiento general.
	<i>Salmonella</i> sp., <i>Campilobacter</i> sp. <i>Vibrio</i> sp. (Enteropatógenos)	Agentes transmitidos por vía fecal-oral que producen signos gastroentéricos, diarrea y fiebre. Lo pueden transmitir muchas especies de aves.
	Histoplasmosis	El 10% de las personas infectadas presenta signos respiratorios similares a gripa y enfermedad pulmonar. Infección por esporas eliminadas por la materia fecal que proliferan en el suelo.
	Virus de la Influenza A	Transmitido principalmente a través de aves acuáticas por vía aerógena y fecal-oral. Es necesario tomar medidas de protección, así no se hayan reportados epizootias ocasionados por virus de alta patogenicidad en la zona de trabajo de campo. Se recomienda que el personal se vacune contra la influenza estacional y en caso de ser necesario contra la influenza pandémica.
	<i>Chlamydia</i> sp. <i>psittaci</i> (Clamidirosis/psitacosis)	Transmitido principalmente de Psittaciformes y Columbiformes por vía respiratoria y fecal-oral. Produce un síndrome similar a gripa acompañado de neumonía en algunos casos.
	Virus del Oeste del Nilo, Virus de la Encefalitis Equina Venezolana, Virus de la Encefalitis del Este. (Encefalitis virales)	Zoonosis transmitidas por vectores. Los profesionales deben estar atentos a la presentación de síndromes febriles correlacionados con estas virosis en zonas endémicas. Con frecuencia se subestima su manejo preventivo.
	Newcastle	Aunque no es altamente patógena, puede ocasionar conjuntivitis, sinusitis y un síndrome similar a la gripa a partir del estrecho contacto con individuos infectados.
Transmisión a los animales (ser humano o los equipos y materiales de estudio como vehículo)		
Anfibios	Quitridiomycosis	Las zoosporas del hongo son vehiculizadas por las botas y equipos de investigadores en campo. Se deben tomar las medidas de bioseguridad básicas como planificación de visita a localidades, manejo de guantes y equipos de protección personal en la recolección de animales vivos, muertos, aplicación de medidas de desinfección personal, de los materiales (pinzas, tijeras etc.), de los equipos empleados (redes, trampas, cubos, etc.) y disposición adecuada de los cadáveres (A. A Aguirre & Lampo, 2006).
Primates	Influenza (estacional, pandémica?)	Los profesionales y trabajadores que entren en contacto con los primates deben estar en buen estado de salud y se debe restringir el contacto entre primates no humanos y personas estados febriles o gripales.

Bioseguridad en los niveles nacionales e internacionales

A lo largo del presente libro se han tratado los diversos elementos que contribuyen a la crisis ambiental actual y que amenazan la salud de la biósfera. Se puede decir, lamentablemente sin temor a equivocación, que la evidencia es grande para pensar que la vida en el planeta está verdaderamente en riesgo por la alteración de los servicios de los ecosistemas naturales de los que dependen funciones vitales como la regulación de la concentración de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua en la atmósfera; la filtración de contaminantes; la regulación de la temperatura y precipitación, la formación y fertilidad de los suelos y la regulación de la dinámica de las enfermedades. Si bien es cierto que no todos los lugares tienen las mismas problemáticas y que el nivel del riesgo es altamente variable a pesar que se identifican factores globales como el cambio climático, la preocupación desde lo local concierne a todos incluyendo a los gobiernos y organismos internacionales.

En este sentido lamentablemente, la mayor amenaza mundial parece ser la actitud del ser humano, porque a pesar de la información generada por diversas áreas del conocimiento como lo son por ejemplo, las ciencias médicas, biológicas, sociales, económicas, políticas y tecnológicas; sigue con actitud displicente ante los hechos, como lo evidencian acciones recientes en las que prevalecen los intereses individuales sobre los globales, al desconocerse tratados internacionales por parte de algunas naciones. También, dentro de los mismos países como lo es el caso de Colombia, se observan políticas y acciones contradictorias que dejan en duda la sostenibilidad a largo plazo como lo fue el caso de la formulación de una ley forestal altamente controvertida y en la cual no se contemplaron los intereses de los grupos culturales de representación minoritaria. También, cuando el planeta empieza a darse cuenta

de las importantes implicaciones en la seguridad alimentaria y ambiental que tiene la producción de biocombustibles en la superficie terrestre, el país promueve la estrategia de sembrar abundantes hectáreas en cultivos con éste fin, sin tenerse la claridad de como esta va a repercutir en la salud de los ecosistemas, vista esta como el resultado de la sostenibilidad social y ambiental mediante el alcance de la complejidad, balance y diversidad de los sistemas sociales y ecológicos (Albrech, 2001).

Es por esto que se piensa que el llamado de atención de Reaser *et al.* (2002) sobre las nuevas necesidades en los ámbitos nacionales e internacionales de la salud de la vida silvestre y la seguridad ambiental es muy oportuno, pero debe extenderse más allá de las enfermedades únicamente y contemplar todos los elementos que integran la salud de la fauna y sus ecosistemas. De acuerdo con estos autores, las enfermedades de la vida silvestre (en este aspecto se difiere de Reaser *et al.* ya que se visualiza la emersión de las enfermedades de la fauna como un síntoma y no la amenaza *per se*, pues en este aspecto se está de acuerdo con Albrech que el problema está más en la pérdida de la complejidad y diversidad de los ecosistemas) representan una amenaza que requiere del desarrollo de políticas y de la coordinación de los diferentes sectores de la sociedad y los organismos gubernamentales e internacionales. Entre las acciones que recomiendan al nivel nacional están el incremento del entrenamiento de profesionales en la salud de la fauna, el mejoramiento de los sistemas de monitoreo, vigilancia y respuesta a las enfermedades de la vida silvestre y la expansión de los servicios de salud nacionales para contribuir con el monitoreo y respuesta de las enfermedades de vida la silvestre al nivel global. Así mismo, proponen para el nivel internacional, el establecimiento de un sistema global de monitoreo y respuesta, la búsqueda de mecanismos para generar marcos de política bi/multilaterales,

y la revisión y modificación de los programas de asistencia humanitarios y para el desarrollo.

Lógicamente, ver las enfermedades de la fauna como un síntoma del trastorno de los ecosistemas más que como el origen del problema, no le resta importancia alguna al hecho de que se deban realizar acciones acordes con las propuestas anteriores para mejorar sobre su conocimiento, control y vigilancia, y que las consecuencias de la emersión de nuevas patologías sea de por sí una problemática enorme que enfrenta actualmente el ser humano. Jones *et al.* (2008) en un estudio en el que revisaron 355 eventos de emersión de enfermedades infecciosas en seres humanos encontraron que el 60,3 % de los eventos correspondían a zoonosis, y de los cuales el 71,8% se originaba en la vida silvestre. Estos autores concluyeron que las zonas en el mundo con mayor probabilidad de emersión de enfermedades provenientes de la fauna (*hotspots* para las enfermedades infecciosas emergentes) se localizan en los países en desarrollo de latitudes más bajas, incluyendo las zonas tropicales de Asia, África y Latinoamérica; lo que no es sorprendente debido a que el origen de las emersiones estudiadas se correlaciona con factores socioeconómicos, ambientales y ecológicos. Los países que estarían bajo mayor riesgo de emersión de enfermedades por patógenos de origen en la vida silvestre y de aquellas transmitidas por vectores en esta última región serían los localizados en Centroamérica y norte de Suramérica además de Brasil. En el caso de Colombia, las zonas más colonizadas (Andes y Costas Atlántica y Pacífica) son de alta importancia, debido a lo cual el país tiene que establecer prioridades de investigación y monitoreo en la fauna silvestre para identificar los peligros y las probabilidades de difusión y exposición para el ser humano. La jerarquización de las necesidades se puede hacer también a partir de los efectos potenciales (consecuencias) sobre la conservación y la economía y/o salud pública.

Desde el punto de vista de acciones encaminadas a la seguridad, los autores están de acuerdo con Kuiken *et al.* (2005) que las enfermedades emergentes representan uno de los mayores retos concernientes a la bioseguridad del planeta, y por tanto, con su llamado de atención sobre la importancia de integración de un grupo en el que participen organismos como OMS, FAO, OIE, además de otros que entiendan la complejidad ambiental del problema (por ejemplo UICN). Sin embargo, además de las labores de monitoreo y contingencia propuestos para este grupo por estos autores, se piensa que el trabajo debería incluir el entendimiento de los factores dentro del ecosistema que están generando la emersión y la formulación de acciones para prevenirla (y no solamente controlarla tempranamente).

Ya hay algunos enfoques, por ejemplo Real & Bick (2007) dicen que las prioridades de investigación de las enfermedades emergentes deben iniciarse por el entendimiento de la dinámica de las enfermedades en los hospederos; para lo que Rachowitz *et al.* (2005) exponen que es fundamental determinar el origen del patógeno (si es nuevo o endémico) y estudiar la relación de la enfermedad con las condiciones y cambios ambientales y los factores bióticos y abióticos. Evensen (2008) sin embargo, opina que se debe ir un poco más allá pues se tendría que incluir la identificación de la brecha que se genera entre las actitudes del público y los resultados de las evaluaciones epidemiológicas, ya que existe el riesgo de que se generen actitudes hacia la fauna con consecuencias negativas.

Desde la aproximación al estudio de la salud en niveles, habría que identificar los conceptos y relaciones en el animal y la población (huésped, parásito y vector) y del hábitat (factores bióticos y abióticos), y a su vez correlacionarlos individualmente y en conjunto con las características de las poblaciones humanas y las actividades antropogénicas directas e indirectas con el fin de identi-

ficar los factores críticos de difusión y exposición del ecosistema natural al entorno humano. Es importante tener en mente, que los factores que definen la probabilidad de transición del entorno natural al humano pueden ser multicausales, complejos y altamente variables [la literatura es amplia para algunas enfermedades de importancia en salud pública. Kruse *et al.* (2004) hacen una revisión corta que es muy ilustrativa en cuanto a los factores que influyen en la transmisión y epidemiología de las zoonosis de origen silvestre] debido a que son dependientes de la estructura y función de la ecoregión (incluyendo espacios naturales y sistemas humanos) en un espacio y tiempo delimitados.

Otra área que concierne a la seguridad de las naciones, es el riesgo para la biodiversidad que representan las nuevas biotecnologías que implican la manipulación genética y modificación de organismos vivos. Sus posibles consecuencias sobre la diversidad y complejidad de los organismos y ecosistemas naturales todavía no son bien entendidas, por lo que ante la incertidumbre recomendamos que los países Latinoamericanos apliquen el principio de precaución y el Protocolo de Cartagena, cuyos objetivos son: *“De conformidad con el enfoque de precaución que figura en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del presente Protocolo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos”* (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000).

No se encontraron reportes de impactos sobre la fauna por organismos modificados ge-

néticamente, aunque se identifican algunas amenazas para la biodiversidad y los ecosistemas porque potencialmente podrían generar cambios en la organización del genoma y flujo de genes en plantas, el desarrollo de resistencias a enfermedades y trastornos en la cadena alimenticia afectando herbívoros, polinizadores y predadores (Arriaga, Huerta, Lira-Saade, Moreno, & Alarcón, 2006; Ellstrand, 2001; Ramon, 2000; Wolfenbarger & Phifer, 2000).

DISEÑO DEL ESTUDIO DE LA FAUNA POR NIVELES

Comprensión de las responsabilidades en el estudio de la fauna

Afortunadamente como ocurre en todos los campos del conocimiento, el estudio de la fauna y sus ecosistemas se ha favorecido en dimensiones que tan solo hace poco más de quince años no se hubiera podido imaginar. Las facilidades que se han creado a partir de Internet, la informática y otras tecnologías han rebasado el límite de la imaginación, de tal forma que muchas labores relacionadas a la investigación que requerían de días o meses como lo son la búsqueda de información y los análisis de muestras y datos, pueden ahora tomar unos pocos minutos. Es posible entonces, que metodologías integrales de trabajo como la que presentamos en el presente libro no hubieran podido realizarse, y menos en los países en desarrollo como Colombia, cuando el acceso a la literatura técnica y científica era muy limitado, así como a equipos y materiales especializados.

Con tantas facilidades el reto también crece. La competencia por la producción intelectual se ha intensificado con el consecuente incremento de las presiones a los investigadores, los que se ven obligados a demostrar productividad, ya que sus calificaciones dependen de esto (ver por ejemplo, el CvLAC -Currículo Vitae Latinoamericano y del Caribe- adoptado

por Brasil, Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile, Argentina y el GrupLAC -Grupo Latinoamérica y del Caribe-, que son parte de la plataforma informática de la Red ScienTI -Red Internacional de Sistemas de Información en Ciencia y Tecnología-. Es así como, en ocasiones la información de un trabajo se replica en varias publicaciones en diferentes formas y con algunos matices: con alguna frecuencia, el éxito consiste en las veces que el autor ha publicado o es citado y no en la trascendencia del conocimiento y como este ha derivado en lo práctico y en acciones. La problemática ha empezado a llamar la atención de las comunidades científicas, ya que de acuerdo con un artículo publicado en la revista *Natura* (Errami & Garner, 2008) el "autoplágio" muestra un preocupante crecimiento, estimándose que en la actualidad está por encima del 10%. Pero lamentablemente la necesidad de buscar y demostrar resultados no toca únicamente a las personas sino también a las instituciones, quienes tienen tanta presión o más que los mismos investigadores para calificar bien a sus grupos; pues por ejemplo en Colombia entre los indicadores de calidad de la educación se incluye a la investigación, que tiene que documentarse mediante publicaciones y productos patentados, entre otros.

Estas condiciones derivan en otro problema que ya se tocó tangencialmente en el presente libro, que se refiere a la ligereza en la divulgación y consulta de la información que deriva en citas de publicaciones de dudosa procedencia. También algunas observaciones sugieren que en ocasiones se dan como hecho ciertas opiniones o inferencias de otros autores (sin el debido respaldo científico o técnico) o se citan trabajos que no corresponden a la fuente de información primaria. Lógicamente, esto tiene alta relevancia por el ruido que produce en el conocimiento actual sobre la salud de la fauna y los ecosistemas y por tanto, se vuelve a hacer énfasis en que las personas y los grupos de estudio deben ser cuidadosos

al seleccionar la información en la que sustentan sus propios procesos o hipótesis, ya que podría estar ocurriendo el mismo fenómeno de la popularización de la ciencia que se observa en la física que mezcla elementos científicos y no científicos, derivando en conclusiones que no necesariamente son válidas (Mellor, 2003). En este sentido, se tiene que estar advertido que un dato científico puede usarse por diferentes motivos y por lo tanto, ser transformado en el proceso de divulgación para cumplir con los propósitos y/o hacerlo comprensible al público objetivo (C. H. Weiss, 1979).

Pero también por otra parte, la evolución en la tecnología hace que las posibilidades para la generación del conocimiento actual sean enormes debido a las facilidades actuales para la conformación de grupos de trabajo con comunicación permanente sin limitaciones espaciales o temporales, habilitando el intercambio de conocimientos y experiencias, y la cooperación a bajo costo para el desarrollo de proyectos interinstitucionales e intergubernamentales. Esto indudablemente contribuye a la planeación y ejecución de las metodologías de trabajo que se exponen en el presente libro, facilitando el rompimiento de las barreras entre las diferentes áreas del conocimiento y el acceso, sin discriminación de ciencia, disciplina o localización geográfica, a diversas fuentes de información o al contacto directo de personas e instituciones. En este sentido, la comunicación intra e interdisciplinaria no es solamente deseable, sino necesaria en términos de responsabilidad y productividad.

El compromiso que tienen las personas que trabajan con la salud de la fauna y sus ecosistemas es muy grande, no solamente por la crisis ambiental y las amenazas para la salud animal y humana que han sido descritas brevemente en el presente volumen, sino también por las consecuencias potenciales que representa la generación y divulgación de información en la actualidad. Es decir ahora más que nunca, quizás más importante

que la misma generación del conocimiento, es lo que se hace con este. En este sentido, los autores concuerdan con Evensen (2008), quien llama la atención a través de una carta publicada en *Nature* como respuesta al artículo de Jones *et al.* (2008) en la misma revista sobre la emersión de enfermedades en el ser humano a partir de la vida silvestre, sobre los riesgos que implica el acceso del público a información que puede ser difícil de contextualizar y con su propuesta de que la investigación debe contribuir a la toma de decisiones: *"Este tipo de investigación debería también identificar los espacios entre las actitudes del público y la información epidemiológica, y contribuir a presionar para extender del apoyo público a los planes de manejo proactivos. Esto permitiría que los manejadores de la vida silvestre decidieran cuáles planes serían los más viables política y socialmente y cuáles serían los mejores caminos para informárselos"*.

Dentro de este contexto, los equipos modernos de estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas tienen que ir más allá de los elementos puramente técnicos o científicos para entender, no solamente las relaciones ser humano-animal-ecosistema, sino también las expectativas de las comunidades locales, regionales y nacionales de influencia en las cuales desarrollan los estudios. Los medios masivos de información han sensibilizado al público y en el caso neotropical principalmente en las ciudades, sobre las problemáticas ambientales. Esto tiene dos efectos opuestos: si la información es bien manejada la gente podría convertirse en una gran aliada para los programas de salud y conservación, pero si no lo es podrían generarse reacciones adversas y conflictos, e inclusive llegarse a estados de pánico. En consecuencia, el personal tiene que entender las implicaciones socioeconómicas sobre una localidad, región o país, que podría tener la forma y en dónde se publica la información; por lo que se recomienda que antes de iniciar cualquier estudio se definan las políticas y mecanismos de di-

vulgación y de considerarse necesario, de la firma de cláusulas de confidencialidad. Por ejemplo, el reporte de una enfermedad en un país podría generar barreras comerciales y en un lugar turístico afectar el flujo de visitantes o la vinculación de una especie con un evento adverso en su persecución y agotamiento.

Un caso que ha ocurrido en Colombia y que ilustra la dificultad de entregar el conocimiento técnico y científico al público, es el impacto que ha tenido la noticia de la presentación de rabia en dos niños en el sur del país (departamento de Cauca) transmitida presumiblemente por un gato, y que ha derivado en que en lugares como Cali y Bogotá (en donde no se registra rabia) la gente sacrifique o abandone perros y gatos por temor a la enfermedad (Anónimo, 2008a, 2008b). De éste se pueden extraer los siguientes hechos y supuestos que derivaron en un comportamiento social no esperado, posiblemente motivado por la forma como se dio la noticia y sin la suficiente claridad al público:

- Hechos:
 - Dos niños murieron por rabia en el departamento de Cauca (Colombia) presumiblemente transmitida por un gato que escapó.
 - Campesinos dicen que hay mordeduras de animales domésticos por murciélagos.
 - Hasta el momento no se ha determinado el serotipo del virus y por tanto se desconoce la fuente inicial (si es un virus de la calle o silvestre).
 - En Bogotá no se presenta rabia humana desde 1982 y en animales desde 2001.
 - Los medios de comunicación dieron un amplio despliegue a la noticia al nivel nacional.
- Supuestos
 - Personal de servicios de salud de Bogotá y Cali: no hay motivo de alarma en las ciudades.

- Personal veterinario (a través de la red de Internet Notiepivot) expresa diversas opiniones y posiciones sobre las acciones que deben realizarse, que incluyen: vacunación de mascotas, priorización de la identificación de las poblaciones de murciélagos hematófagos en la zona del foco para hacer control ante el supuesto que el brote proviene de estas especies, categorizar las zonas de riesgo de presencia de hematófagos en el área del foco, resaltar la importancia de la tipificación del virus para la toma de decisiones al mismo tiempo que se inicia de inmediato una campaña de vacunación preventiva en mascotas.
- Público en algunos sectores de Bogotá y Cali: Los gatos y perros son peligrosos porque transmiten rabia a los niños.
- Consecuencias no previstas: En Bogotá se registra abandono de mascotas en la calle, entrega en asociaciones defensoras y congestión de los teléfonos de la Secretaría Distrital de Salud para indagar sobre la enfermedad. En Cali el sacrificio masivo de gatos.

Entonces, un hecho científico o técnico puede tener significados múltiples debido a que los individuos moldean la información que reciben de acuerdo con sus esquemas sociales y psicológicos. Esto llama la atención sobre la claridad que se debe tener sobre lo que se quiere hacer con los resultados obtenidos de los estudios en la salud de la fauna y de la forma en que se va a transmitir (por ejemplo, a quién, cómo, cuándo y en dónde). Weiss (1979) propuso una categorización de la investigación en las ciencias sociales de acuerdo con los propósitos de su uso, la que seguramente es aplicable en el contexto de la salud de la fauna:

- Modelo dirigido por el conocimiento: De acuerdo con la autora es común en las cien-

cias naturales. El conocimiento impulsa el desarrollo y utilización.

- Modelo resolutor de problemas. La investigación resuelve un problema específico útil para la formulación de políticas. Éste se aplica en algunos contextos aplicados en la salud de la fauna como lo son por ejemplo, los estudios de los planes de manejo ambiental.
- Modelo interactivo: Considera la investigación de diversas fuentes (científicos, técnicos, grupos de interés, políticos, etc.) e integra otras formas de conocimiento (creencias, tradiciones, experiencias) en la toma de decisiones. Es decir, podría ser altamente aplicable al modelo de estudio de la fauna planteado en el presente libro.
- Modelo táctico: El conocimiento se usa para propósitos que tienen poca relación directa con la investigación. En este uso quizás podría incluirse los conceptos de especies sombrilla y bandera (ver por ejemplo, Dietz *et al.* (1994). También, en los programas de rehabilitación y liberación de fauna, la información científica generada puede no ser tan importante, como el hecho mismo de utilizar el programa para llamar la atención sobre las políticas del tráfico ilegal de fauna o sobre el uso y conservación de un lugar (Ramírez *et al.*, 2006).
- Modelo ilustrativo. Las políticas no responden a resultados de investigaciones sino a los conceptos y perspectivas teóricas de las ciencias, lo que podría derivarse en espejismos. Un investigador ambiental anotó "*La mala ciencia que es más noticiosa tenderá a ser más publicitada y aprovechada por aquellos que la quieran para apoyar sus convicciones*" (Comar 1978, citado por Weiss 1979).

La investigación como parte de la iniciativa intelectual de una sociedad. La investigación puede ser un interés de la sociedad y por tanto responder a su pensamiento, moda o caprichos. Actualmente,

se observan tendencias globales de las que Colombia no es ajena, como el interés por el valor del conocimiento como estrategia de desarrollo humano y la problemática del cambio climático, las que ofrecen una excelente oportunidad para llamar la atención del público sobre la importancia del estudio y las acciones referentes a la salud de la fauna y de esta manera fortalecer las acciones para ejercer presiones políticas.

El equilibrio dentro del estudio Los fundamentos

Algunos limitantes derivados de la aplicación tradicional de la salud y la medicina pueden dificultar la aproximación al diagnóstico complejo. Estos en parte se derivan de la monodireccionalidad, ya que se ocupan de los elementos que influyen en el efecto del agente sobre la especie animal o el ser humano, bien sea en los niveles individuo o población; relegando (muchas veces inconscientemente) al medio ambiente a un papel de agente o factor. Esta relación monodireccional se centra en el huésped y en el concepto de malignidad del agente, lo que deriva en el pensamiento ampliamente difundido en las medicinas de controlar las enfermedades mediante la erra-

dicación de los agentes parasitarios. Esta práctica puede parecer lógica en algunos casos para las poblaciones humanas y de animales domésticos, pero es difícilmente practicable y quizás poco aconsejable, para aquellas que involucran ciclos en los ecosistemas naturales.

Así, es posible pensar en las relaciones multidireccionales agente-ambiente-animal desde la misma triada epidemiológica, pero como el resultado acumulativo de todas las relaciones bidireccionales posibles (ver Figura 14) para disminuir la posibilidad de subestimar elementos críticos, pero fundamentales para la conservación. Aunque indudablemente ésta visualización es útil para identificar los elementos e ilustrar la complejidad de sus relaciones holárquicas, no lo es para entender el ecosistema como resultado de todos los elementos bióticos y abióticos y de sus relaciones. Por ejemplo, puede minimizar las relaciones agente-agente, huésped-huésped y vector-vector y con frecuencia pasa por alto el papel benéfico de los agentes (inclusive patógeno) en el ambiente y los huéspedes.

La representación de los elementos y sus relaciones debería fundamentarse, no sólo a partir de la relación bidireccional elemento-elemento,

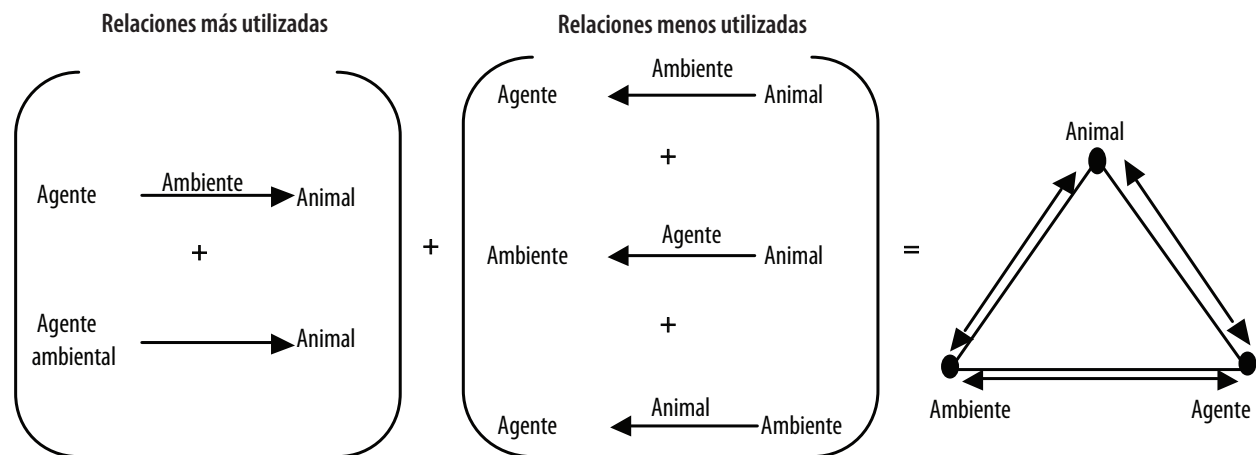


Figura 14. Visualización de las relaciones entre el agente, el ambiente y el animal, en el estudio de la salud de la fauna.

sino mediante la característica de cada elemento como parte de la estructura y funcionamiento del ambiente. Por lo tanto, mediante la teoría de conjuntos es posible ilustrar de manera simple al agente y el animal como parte estructural y funcional de una población y a su vez de un ecosistema. Si se considera que tanto el conjunto de agentes (A) como el de la fauna (F) hacen parte del ambiente, cuya organización se denomina ecosistema (E); entonces, puede diagramarse E como un conjunto y A y H como subconjuntos, en donde: $A \subseteq E \wedge F \subseteq E$. El conjunto A, a su vez se compone de los subconjuntos B (Bacteria), F (Fungi), M (macroparásitos) y V (virus), de los cuales M se intercepta con F, debido a que son agentes que clasifican dentro del reino animal. F adicionalmente se constituye de las comunidades de huéspedes (H) y vectores (Vc), debido a lo cual $\{(m, h, vc) \in F\} \subseteq E$. Los componentes bióticos vegetales y los abióticos del ecosistema se pueden representar como B^c (Figura 15).

La organización de la biota en el ecosistema puede representarse de acuerdo con la Figura 16 si se considera que los agentes (a) se distribuyen

obligatoriamente en el huésped (H) y el ambiente (B^c). Adicionalmente, aquellos transmitidos por vectores, también en el vector (V). Es decir, puede concluirse que $\{(a, h) \in H\} \subseteq B$ y $\{(a, v) \in V\} \subseteq B$ en donde la población de huéspedes o vectores infectados se representan como $HI = H \cap A$ y $VI = V \cap A$ respectivamente. El sistema se compone de múltiples especies de huéspedes, agentes y vectores que se agregan de diversas formas (Figura 16-2), debido a lo cual la dinámica agente-huésped-ambiente en el ecosistema es más compleja de lo que la triada epidemiológica puede representar. En otras palabras, estos no solamente se relacionan con el ambiente, sino que son parte del ecosistema.

La visualización mediante la teoría de conjuntos de las relaciones agente-huésped-ambiente a partir de la morfofisiología del ecosistema es importante en la conceptualización del estudio de la salud fauna. Ésta hace evidente el tipo de organización holárquica en la cual, agente y el huésped se constituyen en holones, es decir cada uno es un todo y a su vez hace parte de un todo mayor (comunidad y ecosistema). Para numerosos microorganismos y

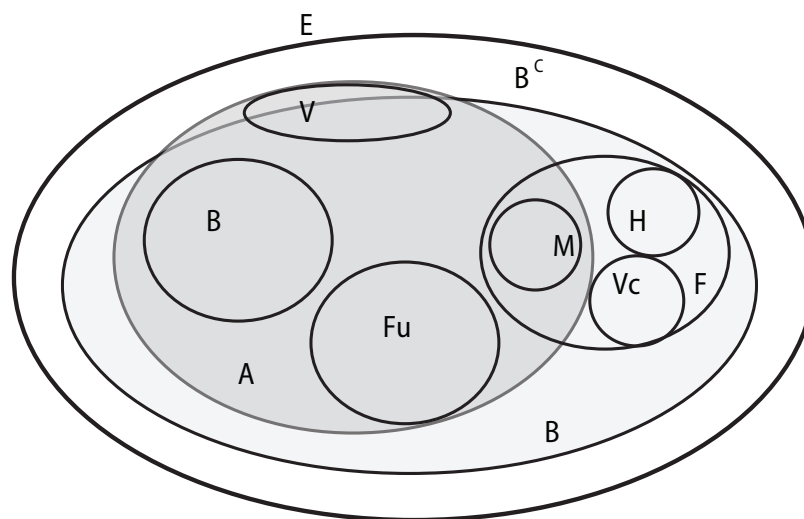


Figura 15. Diagramación del ecosistema (E) como un conjunto compuesto por la fauna (F) y otros elementos bióticos y abióticos (B^c). F se compone a su vez de Agentes (A), Huéspedes (H) y vectores (V).

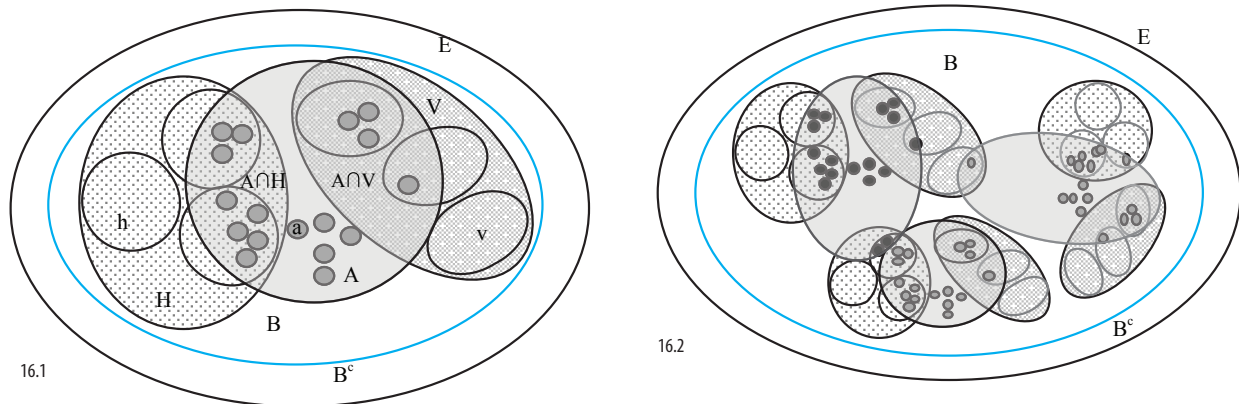


Figura 16. Representación del ecosistema (E) según las relaciones entre Huésped (H), Agente (A) y Vector (V). De acuerdo a la distribución de los agentes (a) en forma libre, en H y en V. En la figura 16-2 se representa el mismo conjunto considerando múltiples especies de huéspedes, agentes y vectores.

helmintos el hábitat lo constituye los huéspedes y el ecosistema (Belden & Harris, 2007). Según Wilson (2005) en el ser humano 1,5 Kg de la masa corporal se compone de microbios; por su parte Kuris (citado por Hudson, 2005) estima que la biomasa de parásitos en el pantano salado Carpinteria (alrededor de 70 has de extensión) se compara con el peso de 7-10 elefantes de aproximadamente 3 toneladas. Consecuentemente, Kuris *et al.* (2008) argumentan que la productividad y biomasa aportada por los parásitos en tres estuarios en California justifica la integración total de la ecología parasitaria con el cuerpo general de la teoría ecológica, lo que podría iniciarse en los análisis de las cadenas alimenticias y el modelamiento de ecosistemas.

Si considerando las figuras anteriores se acepta al conjunto biótico como una comunidad única (B) en la que hay funciones de dependencia entre sus conjuntos A y F; puede esperarse que las dinámicas individuales de cada elemento (agente, vector o huésped) repercutan en el bienestar de E. Este hecho tiene un profundo significado cuando se quiere abordar la salud de la fauna, pues reconoce al agente patógeno como parte del ecosistema y por ende de su biodiversidad. Por consiguiente: 1/. Un agente patógeno exótico que se introduce a un nuevo lugar se constituye

en una especie exógena invasora y debería ser tratado como tal; 2/. Un agente patógeno nativo hace parte de la estructura del ecosistema y por lo tanto, su manejo debe ser consecuente con la estructura y funcionamiento ecosistémico. Este razonamiento se aplica a los virus, que sin importar que sean considerados seres vivos o no, presentan dinámicas poblacionales y comunitarias similares.

Se requiere que el parásito se visualice desde una perspectiva más amplia que la médica tradicional que lo ha tratado como un organismo que vive a costa de otro de distinta especie, debilitándolo y pudiendo llegar a matarlo; para poder entenderlo como integrante de la comunidad biótica del ecosistema. A pesar que Ebert (2005) trasciende del concepto tradicional de micro y macro parásito al definirlo como cualquier organismo pequeño que vive en asociación con un huésped y de cuya relación es razonable pensar que este último asume un costo; es claro que la caracterización del parásito únicamente a partir de su relación con el huésped puede derivar en la subvaloración del papel ecológico que realiza en el ecosistema y que se evidencia por ejemplo, por el aporte arriba mencionado a la biomasa en un lugar. Es decir, el parásito se constituye en un

componente funcional de la cadena biótica y por ende, fundamental para la salud del ecosistema. Desde este punto de vista, disturbios que impacten las funciones ecosistémicas pueden repercutir en las dinámicas de las comunidades incluyendo las parasitarias y de este modo, generar una serie de impactos en la cadena trófica y en las dinámicas de las enfermedades.

Ver los parásitos como componentes del ecosistema es razonable si se considera que varios autores han hablado de la importancia de tratar las enfermedades parasitarias en un contexto ecológico [ver por ejemplo, Hudson (2002) Thomas *et al.* (2005)]. Indudablemente, aunque hay mucho todavía por estudiar desde el punto de vista de salud de los ecosistemas es lógico extender las relaciones ampliamente estudiadas agente-huésped también agente-agente y agente-ecosistema. Los parásitos podrían tener efectos negativos pero también positivos, es decir, los ecosistemas beneficiándose por la presencia y dinámica de patógenos o en otras palabras, el agente como un elemento autoregulator y también como parte de su sistema de defensa.

La autorregulación ocurre mediante diversos mecanismos. Anderson & May (1978) y May & Anderson (1978) mostraron mediante un modelo matemático que los parásitos podían regular las poblaciones de los hospederos, lo que se debe ver no simplemente como el resultado una relación infección-condición del animal (por ejemplo, por producir debilitamiento, enfermedad o incrementar la susceptibilidad a predación), sino por la complejidad de la relación que incluye factores que determinan la interacción entre los huéspedes (Tompkins, Dobson *et al.*, 2002). Los parásitos se aglomeran dentro de las poblaciones de huéspedes y los ecosistemas de manera heterogénea debido a lo cual influyen de manera específica sobre ciertos grupos o poblaciones y por ende sobre la composición demográfica y distribución temporal y espacial de las especies, además de otros factores

como oferta alimenticia y de refugios. Esto repercutiría en competencia mediada por parásitos, no solamente dentro de la misma especie en la cual los individuos más resistentes tendrían mayores posibilidades de adaptación y sobrevivencia, sino entre especies, por lo cual aquella más adaptada se favorece por la presencia del parásito.

La explosión de una enfermedad parasitaria en un lugar podría ser un signo de interrupción ecosistémica pero no necesariamente se constituye en un evento negativo, ya que algunas evidencias hacen pensar que los parásitos podrían tener un papel importante en los sistemas de defensa del ecosistema, adicionalmente al efecto regulador mencionado. Una aproximación a esta hipótesis se puede hacer a través de una analogía con los sistemas inmunes al nivel de individuo (organismo), pues con seguridad la mayoría de los ecólogos y estudiosos de la salud de los ecosistemas estarán de acuerdo en que éste cuenta también con mecanismos de resistencia para reconocer y eliminar las especies exógenas que podrían invadirlo y recobrase de un estímulo nocivo.

Lógicamente, ésta analogía hay que tomarla con precaución debido a las diferencias fundamentales en la organización y funcionamiento entre los dos niveles. También, hay que tener en mente que la intencionalidad es mostrar que el ecosistema tiene sistemas de defensa contra organismos invasores tan complejos como los de los organismos. Así, las respuestas defensivas del ecosistema contra invasores podría ser un campo de investigación y aplicación tan extensa como lo es el de la inmunología hoy en día (Dana, Hawley, & Altizer, 2011). Los mecanismos inmunes existen no sólo en los vertebrados, sino en los organismos unicelulares y pluricelulares para reconocer y eliminar invasores.

Las bacterias por ejemplo, poseen sistemas enzimáticos que las protegen contra infecciones virales; las plantas, los invertebrados y los vertebrados desarrollaron defensinas, fagocitosis y sistema

de complemento y ya los vertebrados a partir de los peces cartilaginosos (tiburones y rayas) mecanismos que se adaptan para reconocer agentes específicos, con la aparición de los linfocitos B y T. Entonces, ¿por qué no pensar que los sistemas protectores biológicos han evolucionado a niveles de organización más grandes que los organismos, en donde se componen de elementos físicos, químicos y biológicos tan complejos como los inmunes?

De acuerdo con la Tabla 10, es posible identificar elementos físicos, químicos y biológicos que

constituyen los mecanismos de lo que denominaremos dentro de la analogía como una respuesta inespecífica del ecosistema, que realiza la función de barrera, dificultando y/o evitando el contacto, entrada y/o permanencia de nuevas especies. Las barreras ecosistémicas actúan conjuntamente y sinérgicamente; a pesar que sus divisiones o fronteras estructurales y funcionales no son tan definidas como en el organismo. El sistema de defensa inespecífico puede visualizarse más fácilmente en una isla (Figura 17).

Tabla 10. Descripción de las defensas del ecosistema mediante una analogía con los sistemas de defensa del organismo.

Organismo	Ecosistema
Respuesta inespecífica	
<ul style="list-style-type: none"> • Barreras superficiales externas e internas <ul style="list-style-type: none"> - Mecánicas: <ul style="list-style-type: none"> • Barrera física: epitelio y mucosas • Excreciones: arrastre de sustancias - Químicas: péptidos, enzimas y secreciones con pH ácido con efectos microbicidas. - Biológicas: microbiota comensal que compete con los invasores patógenos • Barreras humorales y químicas <ul style="list-style-type: none"> - Inflamación - Sistema del complemento: cascada bioquímica que ataca la superficie de las células extrañas. - Barreras celulares del sistema innato • Células fagocitos (macrófagos, neutrófilos y células dendríticas), mastocitos, eosinófilos, basófilos y células asesinas naturales: identifican y eliminan patógenos por contacto o fagocitosis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras superficiales externas e internas <ul style="list-style-type: none"> - Mecánicas: <ul style="list-style-type: none"> • Accidentes geográficos (ríos, mares, montañas, acantilados, valles, etc.) • Efecto de borde. El borde se comporta como una membrana que modula el intercambio de materia y organismos entre dos hábitats. Su permeabilidad varía de acuerdo a el tipo (suave o duro). - Lluvias y aguas corrientes, vientos: arrastre de sustancias - Luz ultravioleta - Temperatura fría/caliente extremas - Químicas: Tóxicos en plantas y animales, pH - Biológicas: <ul style="list-style-type: none"> • La microbiota nativa compete con los invasores patógenos. • Biodiversidad: dilución de agentes. • Fenología del bosque: Ciclos biológicos que conlleva movilización de animales, cambios en el uso del hábitat y oferta alimenticia, etc. • Migración de animales: afecta las dinámicas de coevolución de parásitos-huéspedes.
Respuesta adquirida	
<p>Organismos animales más evolucionados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linfocitos: respuesta inmune humoral y celular. Contienen moléculas receptoras que reconocen objetivos o blancos específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencia mediada por patógenos: diferencia de la sensibilidad entre especies y razas: <ul style="list-style-type: none"> - Ecosistema contiene agentes que reconocen objetivos específicos (especies): <ul style="list-style-type: none"> • Poblaciones y comunidades de vertebrados con estímulo inmunológico para reconocer blancos específicos. • Inmunidad adquirida por el contacto únicamente con agentes circulando dentro del ecosistema: Ataca a huéspedes nuevos que llegan de especies distribuidas en el lugar, pero sin contacto previo con el agente (sin estímulo inmunológico anterior).

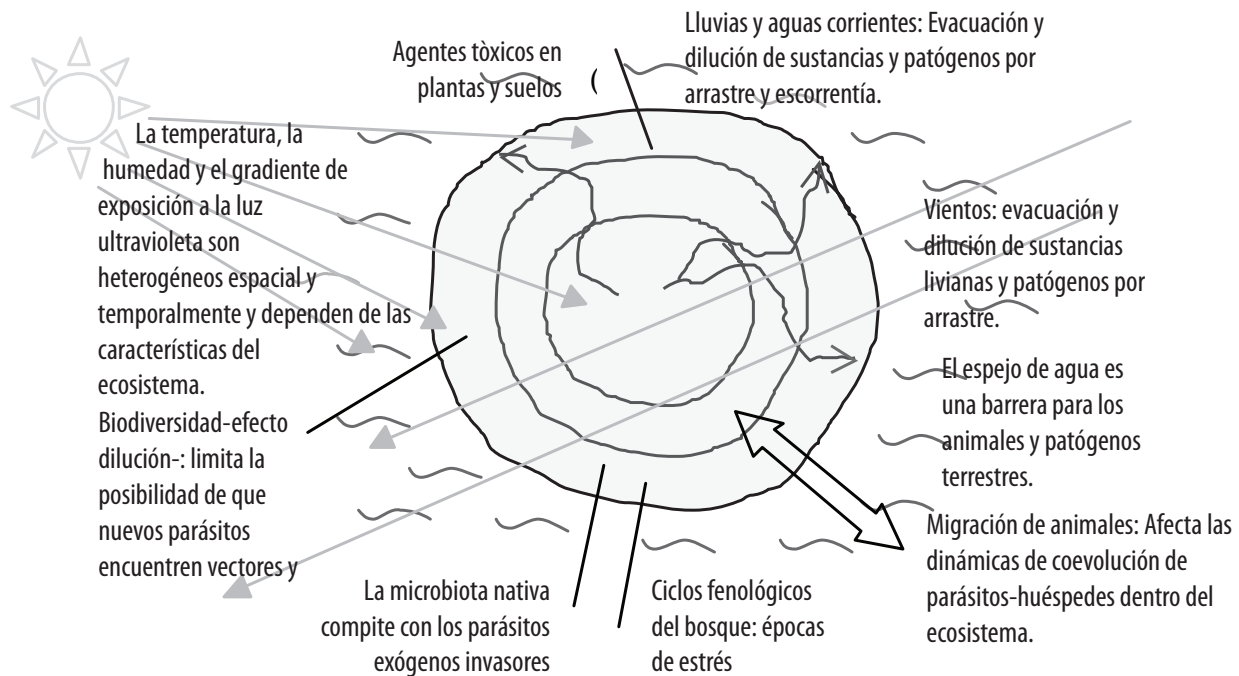


Figura 17. Visualización en una isla de los elementos que componen el sistema de defensa inespecífico del ecosistema contra especies exógenas invasoras (parásitas y no parásitas).

Los parásitos podrían actuar de dos formas dentro del sistema de defensa del ecosistema. De manera inespecífica, mediante aquellos parásitos generalistas que afectan una gama grande de especies, no tienen un huésped obligatorio y se distribuyen ampliamente en el ecosistema. Ejemplos de parásitos que se sugiere puede cumplir esta función debido a que son habitantes comunes de los ecosistemas naturales, se reconocen portadores sanos en vida silvestre en más de una especie y/o pueden perdurar en vida libre en forma inofensiva por largos periodos de tiempo; son las enterobacterias como *Escherichia* y *Salmonella*, y algunos *Bacillus*. Lógicamente, la presencia de estas bacterias tiene un costo para el ecosistema y su capacidad como elemento de defensa ecosistémica dependería de características relacionadas con su virulencia, patogenicidad y capacidad de permanecer en el ecosistema (Tabla 11).

El virus de la rabia silvestre es un caso especialmente interesante. En Latinoamérica está estrechamente relacionado con los quirópteros, quienes presentan características únicas entre los mamíferos: vuelan, lo que les permite una amplia utilización de espacios y desplazamiento como ningún otro vertebrado lo hace; es el único grupo de vertebrados con especies estrictamente hematófagas, vectores de la rabia para la región, que se alimentan de diversas especies y representan aproximadamente el 30% de la diversidad de mamíferos latinoamericanos. Por lo tanto, en los murciélagos la rabia tiene alta posibilidad de dispersión dentro del ecosistema y de llegar a diferentes estratos y tipos de bosque, potencial que se incrementa por la posible/moderada letalidad y el largo curso que presentaría la enfermedad en este grupo.

Los parásitos también podrían actuar por un mecanismo de respuesta adquirida mediante

Tabla 11. Características que se sugiere debería tener un parásito exitoso como parte del sistema de defensa del ecosistema natural.

Agente	Relación con el huésped nativo	Relación con el huésped exótico
Distribución dentro del ecosistema amplia	Baja patogenicidad	Alta patogenicidad
Periodo de incubación corto	Baja morbilidad	Alta virulencia
	Baja letalidad	Alta morbilidad
	Baja mortalidad	Alta letalidad en poblaciones nativas
		Alta mortalidad

las especies parasitarias especialistas, es decir, aquellas que reconocen especies blanco específicas. Estos patógenos tienen reservorios obligados y serían los principales responsables de la competencia mediada por patógenos entre especies y razas. En ecosistemas saludables la presencia del parásito le genera un costo a la población huésped pero por otra parte, podrá jugar papel en la regulación de la especie sin llegar a producir su extinción en condiciones de un ecosistema saludable.

En conclusión, es obvio que ante la complejidad que aquí se expone del significado de las relaciones de la fauna y los parásitos como componentes del ecosistema, la aproximación al estudio de la salud de la fauna sólo mediante la teoría y práctica de la medicina no es pertinente. La necesidad de inclusión de fundamentos ecológicos junto con los médicos y epidemiológicos es evidente, por lo que para los autores, el término de salud ecológica expresaría el potencial conceptual y aplicado de lo que debería significar este vínculo científico. Visualizar el conjunto biótico como un sistema complejo podrá ayudar a comprender mejor la dinámica de las comunidades de vertebrados y parásitos en el bosque. Desde este punto de vista, la emersión de enfermedades parasitarias en vida silvestre puede verse como es un signo de disturbio de las dinámicas del ecosistema, en un proceso similar a lo que sería una enfermedad autoinmune para un organismo.

Pertinencia y aplicabilidad

Una de las preguntas que necesariamente se hace cuando se decide escribir sobre un tema referente a la fauna es si este aporta en algo al conocimiento y/o a la aplicación de acciones dirigidas a la conservación. La incertidumbre sobre la pertinencia ocurre aun más en la época actual cuando día a día salen a la luz publicaciones novedosas provenientes de investigadores disciplinados y sistemáticos que indudablemente ayudan al entendimiento de las relaciones animales en el ecosistema y con el ser humano. En este entorno en el que el conocimiento y la tecnología son altamente cambiantes, lo que finalmente convenció a los autores que el presente volumen podría tener algún valor fue el hecho que se propusiera a partir de nuestra experiencia una ruta para la integración de diversas disciplinas en un objetivo único denominado salud, mediante la estratificación del muestreo en tres niveles acordes con los de la organización de la vida, independiente de los intereses o motivaciones que el investigador pueda tener.

Es así como buscamos mostrar la viabilidad de la integración conceptual y práctica de la salud de la fauna mediante el concepto salud ecológica. En consecuencia, el diseño de estudio en tres niveles de muestreo se constituye en un marco de trabajo grupal coordinado que brinda elementos múltiples desde el pensamiento complejo para el diseño, colección y análisis de la información y la

formulación e implementación de acciones. La metodología es coherente con el argumento pluralista propuesto por Mitchell & Dietrich (2006) para las ciencias biológicas: "El marco de niveles de análisis describe el territorio de investigaciones pluralísticas, pero es solamente por la integración de niveles y causas múltiples, incluyendo la atención a los diversos contextos en los cuales ocurren, que se pueden generar explicaciones satisfactorias". También, con la necesidad de integrar y vincular varias medidas en la evaluación de un ecosistema de acuerdo con Western (2001), quien las dividió en estructurales (p.e. biodiversidad) procesos ecológicos (p.e. resiliencia, resistencia, variabilidad y adaptabilidad) y funciones ecológicas (p.e. productividad, ciclos del agua y de nutrientes); adicionalmente resaltó los procesos bióticos e hizo énfasis en la contaminación, ciclos bioquímicos y cambios climáticos.

El diseño de trabajo se nutre y enriquece de las técnicas y metodologías utilizadas por diversas áreas del conocimiento y que puede relacionarse con el concepto de salud de la fauna. Entre otras son fundamentales además de las médicas, las técnicas e instrumentos de medida de áreas como la biología y ecología (Brower *et al.*, 1998), comportamiento animal (Festa-Bianchet & Apollonio 2003), epidemiología (G. A. Wobeser, 1994), genética y toxicología (EPA, 1997). Adicionalmente, las metodologías de investigación cualitativa (ver por ejemplo a S. Taylor & Bogdan, 1998) podrían ser altamente provechosas en el entendimiento de las relaciones ser humano-fauna y en la formulación y monitoreo de acciones de manejo, ya que indudablemente las acciones sobre la salud de la fauna y los ecosistemas deben estar sustentadas por el diálogo entre el conocimiento científico y la acción participativa.

La organización en niveles facilita la organización y comprensión en el uso de algunas herramientas conceptuales y metodológicas que son de gran utilidad en la preparación y formulación de estudios y acciones, como lo son las guías de

procedimientos para la formulación de diseños experimentales (sobre el diseño de estudios en vida silvestre ver por ejemplo, a Morrison *et al.* (2008), la visualización de las variables y relaciones a través de herramientas como los mapas conceptuales (ver por ejemplo la página de mapas conceptuales del Instituto para el conocimiento humano y de las máquinas: <http://cmap.ihmc.us/>, en la cual se puede descargar el programa *IHMC CmapTools* gratis para usos no comerciales) y los mapas mentales (el programa *FreeMind* se puede descargar gratis en la página http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page). En la actualidad los modelos matemáticos indiscutiblemente se han convertido en herramientas de análisis importantísimas y son definitivamente una excelente alternativa en el diseño de trabajos para el estudio de la fauna en niveles. Más adelante estos se trataran con mayor detalle.

Como se puede observar en la Figura 18, la importancia de la metodología del estudio de la fauna por niveles se fundamenta en el diseño caracterizado por el equilibrio en el muestreo y análisis de las variables dentro y entre el hábitat, la población (comunidad) y el individuo. Todos los niveles tienen igual peso (al menos en el principio), constituyéndose las relaciones entre las variables (causas y efectos) en el eje del modelo, ya que finalmente definen el estado de la salud para la conservación en el lugar de estudio. Las flechas indican las relaciones, y muestran como la información fluye y se retroalimenta a través del diagrama. Éste por lo tanto, no solamente facilita, sino evidencia la necesidad del trabajo transdisciplinario y del aprovechamiento de los aportes que puede ofrecer cada área del conocimiento (todos los puntos de vista son importantes). También ayuda a visualizar las implicaciones éticas y sociales de los procedimientos que se llevan a cabo.

Por lo tanto, el modelo facilita que la salud de la fauna y sus ecosistemas no se realice den-

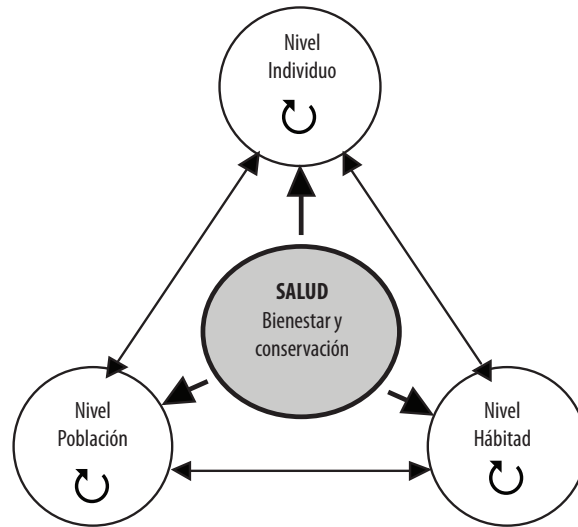


Figura 18. Diagrama de relaciones del estudio para la salud en tres niveles: hábitat, población e individuo.

tro de un enfoque reduccionista que considere solamente variables de un tipo (por ejemplo, estructurales), sino que desde lo complejo se revisen las interacciones entre el uso y los cambios antropogénicos, la integridad y relación de las comunidades de fauna con el funcionamiento del ecosistema y los factores bióticos y abióticos internos y externos al sistema. De esta manera, la metodología responde a las nuevas perspectivas para la comprensión de los ecosistemas y la biodiversidad facilitando la síntesis entre lo teórico y lo práctico al trascender de lo disciplinario para integrar en un objeto los diversos intereses (Loreau *et al.*, 2001; S. D. Mitchell & Dietrich, 2006). Corolario, la capacidad para hacer un diagnóstico en la vida silvestre se entiende desde la cobertura del muestreo dentro del universo de variables y relaciones que predisponen, desencadenan y/o trastornan la estructura y funcionamiento de una o varias especies en un lugar. Desde este punto de vista, el diagnóstico se compone de una red de elementos conectados que afectan la integridad del sistema y por ende, la probabilidad de conservación de una especie.

Uno de los problemas que se enfrenta cuando se quiere implementar metodologías integrales que abarquen amplias áreas de conocimiento y en este caso también de acciones; es que con mucha facilidad puede perderse el horizonte si no se tiene claridad del diseño y de las relaciones que se pretenden hacer, de manera que el resultado final termina siendo un listado de datos sin conexión o simplemente un sinnúmero de conjeturas. Mouthon *et al.* (2002) resaltan la importancia de la secuencialidad en el estudio ambiental, que se entiende como los nexos (relaciones) entre los diferentes componentes del estudio. Así, la caracterización debe reflejar un esfuerzo metódico, analítico, integrativo e interactivo.

Como se vio anteriormente establecer la causalidad en los estudios de la salud de la fauna y los ecosistemas puede ser difícil. Aquí se ha discutido ampliamente cómo con frecuencia los trabajos en fauna se abordan desde la disciplinaridad, la que a la vez define el nivel de variables que se utilizan. Por ejemplo, los ecológicos se preocupan por el hábitat y la comunidad, contemplan lógicamente elementos poblacionales, pero rara vez elementos de individuales (el animal). También, son comu-

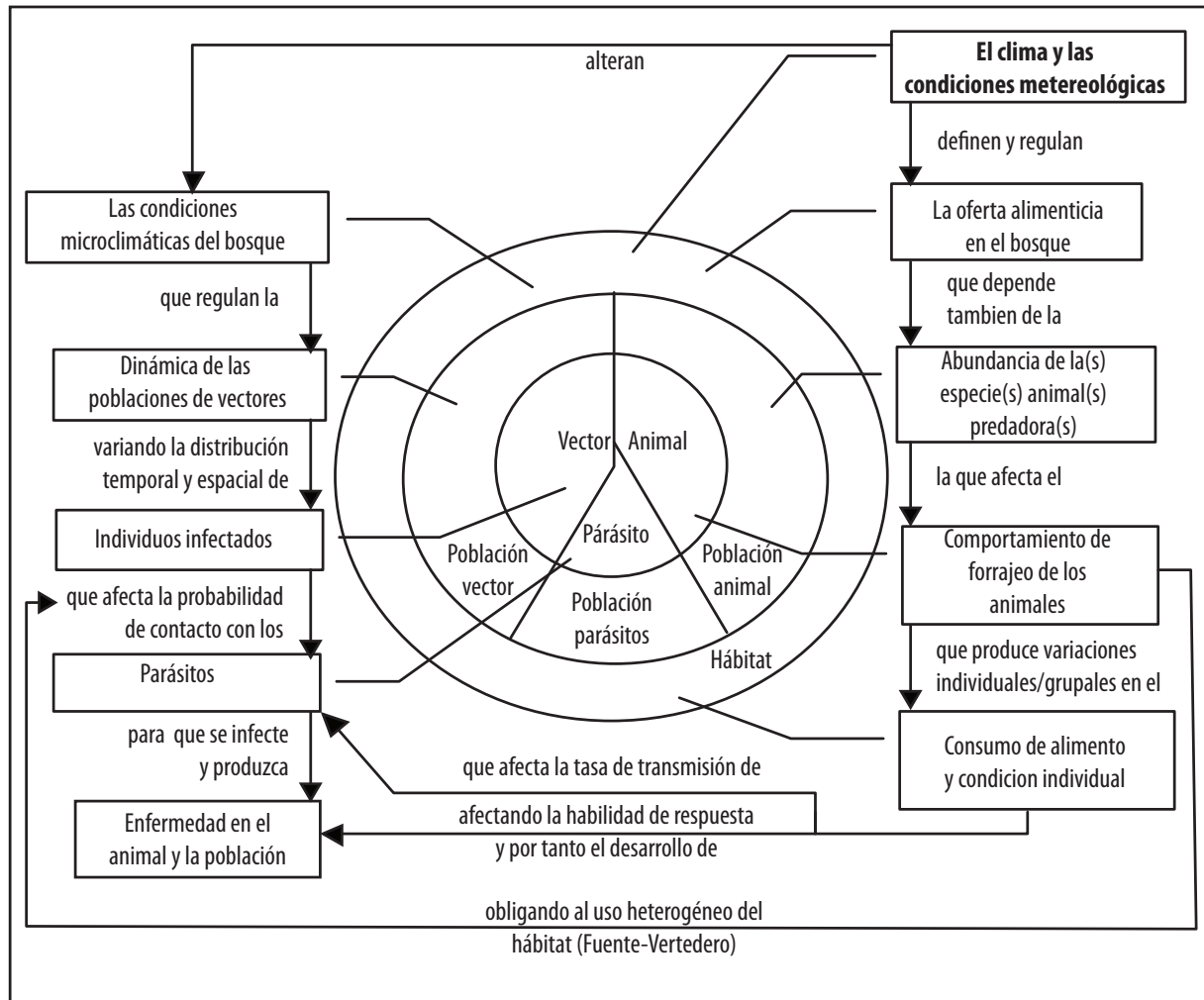


Figura 19. Diagrama conceptual que muestra un método para la identificación de variables y relaciones en el estudio de la salud de la fauna. Los niveles de muestreo son individuo (animal, vector, parásito), población (animal, vector, parásito) y hábitat.

nes los estudios dirigidos a un problema (ej. impacto ambiental) que pueden considerarse cómo monocientíficos-oligodisciplinarios. Por ejemplo, algunos incluyen componentes biológicos, ecológicos e inclusive sociales, pero por lo general no contemplan elementos epidemiológicos, médicos o comportamentales. Por su parte, los de salud pública y animal enfatizan en estos últimos, pero generalmente minimizan los primeros. Así, unos y otros tienden a subestimar las dinámicas de la salud de la fauna en un lugar.

El desconocimiento relativo de los niveles de organización de la vida dentro de los estudios de la fauna puede facilitar a que se llegue a interpretaciones erróneas y a conclusiones sesgadas. En este caso, el estudio en tres niveles no sólo sería recomendable sino necesario. En la Figura 19 se muestra un ejemplo de cómo puede integrarse el diseño e interpretación del estado de salud de la fauna en un lugar mediante un mapa conceptual (Novak & Cañas, 2008) organizado a partir de un diagrama que representa los niveles. En este mapa

se vinculan variables climáticas y meteorológicas con la enfermedad en el animal y población, para lo cual la estratificación del muestreo en individuo, población y hábitat facilita la identificación de los elementos y las relaciones, y por tanto, de la secuencialidad del estudio.

Dentro de la complejidad que puede deducirse de este ejemplo simple, es posible visualizar la facilidad con la que se pueden subestimar elementos o relaciones que son claves en el entendimiento de la salud de la fauna. Una vez se ha desarrollado el marco conceptual e identificado las variables potenciales de acuerdo con los objetivos y contexto de aplicación del estudio, es necesario entender su valor para seleccionar aquellas que sean más pertinentes y viables. La evaluación de las variables incluye varios aspectos, cómo:

- Viabilidad de aplicación de la variable: Si cuenta con la experiencia, tiempo, equipos y materiales necesarios para tomar la muestra y/o los datos, procesarlos y analizarlos de manera segura y confiable. También se tiene que evaluar los requerimientos normativos, como por ejemplo, la necesidad de obtención de permisos y licencias, regulaciones ambientales, sanitarias, acceso a recursos genéticos, investigación, etc.
- Relación costo-beneficio de la variable: Costo de la muestra y/o dato en recursos (personal, equipos, tiempo y dinero) vs. valor de la información generada. También tiene que analizarse en relación con la invasividad y el impacto sobre el bienestar animal que conlleve su obtención y procesamiento.
- Capacidad indicadora de la variable: Aquellas variables en las que se pueda determinar relaciones de causalidad son de alto valor en el estudio de la fauna, pues como se vio anteriormente, en este contexto hay limitaciones para hacer inferencias causales.
- Precisión y exactitud de la variable. En el trabajo con fauna en comparación con la salud

humana y la de animales domésticos, hay todavía un desconocimiento alto en muchas especies lo que deriva en que con frecuencia la interpretación de los hallazgos se dificulte (¿cuál es el valor verdadero?) y se puedan hacer asociaciones que en realidad no existen (error tipo I). También, la condición compleja de las relaciones del ecosistema involucra que la frecuencia de ocurrencia pueda variar a través de los años y los lugares y/o que se subestimen algunos elementos y relaciones, lo que deriva en la probabilidad de obtener falsos negativos (error tipo II). En consecuencia, pueden ser más útiles aquellas variables en las que se pueda entender su exactitud (su grado de cercanía con el valor real, que debe estar previamente caracterizado) y la precisión en la medición para la especie o lugar (capacidad de arrojar el mismo resultado en mediciones repetidas) para poder valorar el potencial y los alcances de las asociaciones que pueden hacerse.

- Valor político de la variable (Capacidad de influencia). El diagnóstico no es el único fin del estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas, sino lo es también el diseño e implementación de soluciones. Durante el análisis transdisciplinario se tienen que identificar las necesidades de acción y las estrategias para su implementación, acordes con las características del lugar y la idiosincrasia de las personas involucradas. Por ejemplo, Patterson *et al.* (2003) exponían la necesidad de adaptación de las políticas para la toma de decisiones por parte de las instituciones de vida silvestre, incluyendo la forma como la ciencia se integra a los cambios en el contexto social. El trabajo en niveles transdisciplinarios tiene profundas implicaciones cuando se van a realizar acciones, debido a que de acuerdo hay mayor probabilidad que el pensamiento multiplural integrado sea más amigable para el usuario.

También durante el estudio, es posible que se anticipe o decida la ejecución de evaluaciones que posiblemente no tenga alto valor para el estudio *per se*, pero tenga impacto en la comunidad de interés. Esta la podríamos designar *variable bandera*. Un ejemplo sería, en el caso de invasión de especies en que se quiera evidenciar la necesidad y viabilidad de un programa de control, el medir el sufrimiento que la especie objetivo está infligiendo en especies nativas.

La aplicación

El estudio de la salud en varios niveles dirigido a entender el estado de las comunidades animales y los ecosistemas a los que estas pertenecen corresponde a un modelo de trabajo interdisciplinario. De acuerdo con lo que se ha venido argumentando, es necesario utilizar una aproximación compleja cuando se busca la identifica-

ción y evaluación del estado de una población o comunidad animal en un ecosistema natural. La aplicabilidad es muy grande, ya que se puede implementar en diferentes contextos, como estudios de diagnóstico, impacto y monitoreo ambiental; la evaluación del estado de una especie, población específica o un ecosistema natural; realizar análisis de riesgos para una población, identificar amenazas para la conservación para una especie o lugar, y monitorear una epidemia de importancia para la conservación y/o salud pública. Lógicamente, el resultado esperado de estos estudios no debe ser solamente el diagnóstico, sino que debe formular acciones y alternativas de manejo para la conservación, y a su vez retroalimentar la información para nuevos trabajos (Figura 20).

Durante el trabajo ha sido muy importante la definición de un modelo de estudio con anterioridad al inicio de las labores de campo, en el que se definen los criterios generales y se categorizan en los

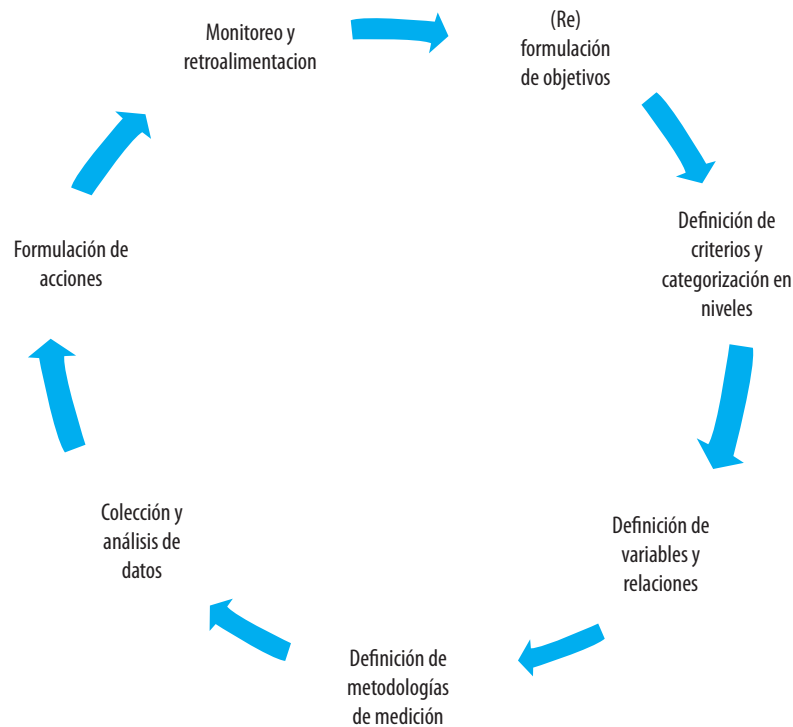


Figura 20. Representación esquemática del ciclo conceptual del modelo de estudio de la salud de la fauna.

niveles, hábitat, población (comunidad) e individuo. Esto facilita la concepción de un panorama amplio, a partir del cual se desglosan y organizan los criterios de evaluación, se formulan las variables de medición y se establecen las relaciones funcionales (alimentación, efecto y retroalimentación) del modelo. Las ventajas son grandes, ya que antes de ir a campo se pueden predecir los alcances, la cobertura y la validez del esquema de acuerdo con sus objetivos; es posible estimar con precisión los recursos de personal, equipo y dinero necesarios para su realización y delimitar las necesidades de sensibilidad (sofisticación) en la toma de datos y el alcance de los métodos de medición (cualitativos y/o cuantitativos) para las variables formuladas. También, y quizás es lo más importante, es posible inferir a través de las relaciones, el comportamiento específico de cada variable, las causas-efectos entre las variables y la dinámica entre los niveles.

Por ejemplo, en los estudios realizados con monos aulladores (*Alouatta seniculus*) en Colombia, y que han sido discutidos con anterioridad por Nassar-Montoya *et al.* (2003), los bosques utilizados por estos primates presentaban estados de recuperación secundaria que facilitaban la recolonización reciente de nuevas zonas de bosque higrotropofítico y subxerofítico por grupos que se encontraban distribuidos en todas las áreas boscosas de la zona. A su vez, la especie presentaba las más altas densidades en comparación con otros lugares registrados por la literatura, lo que no era extraño por la ausencia de predadores de importancia y el bajo interés que representaba para las comunidades humanas de la región. Por tanto, bajo las circunstancias que existían en el momento, parecería que las poblaciones de los monos aulladores estaban sanas y no había amenazas para su conservación, a excepción de que se presentará un evento estocástico.

En los muestreos para fiebre amarilla no se encontraron títulos protectores dentro de la po-

blación, demostrándose que los monos eran susceptibles a la enfermedad. La ausencia de títulos (contrario a lo que se había pensado) era coherente con el hecho de que no se habían observado epizootias (seguidas de epidemias) recientes en la región y el país en general, a excepción del registro de pocos casos. Por tanto, se hizo la siguiente hipótesis (Nassar-Montoya *et al.*, 2003), que fue confirmada posteriormente por la epizootia-epidemia que se presentó entre 2003-2004 en Colombia con alto impacto en algunas poblaciones de monos y en la salud pública: "... la introducción de este patógeno (fiebre amarilla) en una población que no haya tenido contacto con el virus como por ejemplo podría ser el caso CZN... tendría consecuencias devastadoras. Los efectos en la salud humana serían también importantes en las comunidades cercanas que no estén vacunadas".

Entonces, es posible predecir eventos de mortalidad en poblaciones e indudablemente, los modelos de simulación y los análisis de riesgo son una herramienta para determinar la probabilidad de ocurrencia de una enfermedad en una población y la magnitud de sus consecuencias sobre la conservación en un lugar, momento y especie. En la literatura se encuentran varias metodologías cualitativas y cuantitativas para la realización de análisis de riesgo, que por lo general se han aplicado en animales domésticos o fauna en cautiverio, pero que definitivamente son útiles para el estudio de la fauna silvestre. En este caso se requiere no solamente del conocimiento del patógeno, sino de las especies blanco (por ejemplo, comportamiento, biología y ecología) y el lugar (por ejemplo, estado del bosque, procesos de fragmentación, y condiciones y variaciones meteorológicas). Armstrong *et al.* (2003) dan unos buenos lineamientos guía para la aplicación de análisis de riesgo en especies silvestres, incluyendo la creación de modelos de simulación.

Hay muchos ejemplos en la literatura que integran conceptos epidemiológicos y ecológicos

en el estudio de una enfermedad en vida silvestre. Un ejemplo interesante para el contexto latinoamericano, debido a que toma una enfermedades emergente para la región, es el de Hantavirus de Suzán *et al.* (2006).

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se quiere hacer una breve introducción a la temática del análisis de la información en el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas con una frase de Lord Rutherford citada por Martín & Bateson (1986): *"Si su experimento necesita estadística, usted tiene que tener un mejor experimento"*.

En la actualidad esta frase toma gran vigencia debido a que la informática le ha dado acceso a muchos investigadores a un mundo que anteriormente era campo de unos pocos: las matemáticas y la estadística. Es así, que de la misma forma que Martín y Bateson (1986) llamaron la atención sobre la función del análisis de los datos en la medición del comportamiento, aquí queremos también enfatizar en la importancia del uso adecuado de las pruebas en el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas, cuando la integración transdisciplinaria podría terminar en un listado de resultados desarticulados e incompresibles y más aún si se considera, que el análisis interno de algunas variables puede requerir de procesos específicos y dispendiosos (ver por ejemplo, el análisis de la Asimetría Fluctuante). Entonces, correlario con el postulado de Lord Rutherford, es necesario en lo posible dimensionar los modelos matemáticos y análisis estadísticos a los términos más simples, pero con la suficiente robustez para comprobar los resultados o hacer predicciones del comportamiento de una variable, una relación o un sistema.

Procedimientos

La afirmación lógica de que el análisis de la información depende de los objetivos del estudio

lamentablemente con mucha frecuencia no se cumple, lo que deriva en la pérdida de esfuerzos de muestreo y trabajo de campo. Es posible que no sea fácil la selección y la interacción de las variables, sobre todo si se tiene en cuenta que muchas veces se requiere del pensamiento conjunto de un grupo de trabajo con el fin integrar los niveles de muestreo y organización mediante la formulación de un modelo sistemático. Lamentablemente, con frecuencia se observa que los miembros de un grupo de investigación interdisciplinaria tienen alguna claridad sobre los objetivos y metodologías disciplinares propias, pero no del conjunto. Así entonces, se pasan por alto elementos vitales para la integración de la información, que no rara vez termina en frustración.

El análisis de los datos en los estudios de la salud de la fauna se puede realizar a través de varias herramientas, incluyendo pruebas estadísticas, sistemas de información geográfica y modelamiento. De todas formas, el valor de cada variable depende de la medida en que se pueda relacionar con la evaluación del estado del nivel (individuo, población, ecosistema) al que pertenece y de sus relaciones (causa-efecto) con otras variables de todos los niveles de estudio. Esto es especialmente válido para el trabajo con fauna en el neotrópico, tanto en vida silvestre como en cautiverio, ya que el tamaño de la muestra es generalmente pequeño por la dificultad de encontrar un número grande de animales; también, el tamaño pequeño de una gran mayoría de los vertebrados distribuidos en la región limita las posibilidades y metodologías de muestreo.

Adicionalmente, en vida silvestre el esfuerzo de captura puede ser alto en tiempo y recursos de acuerdo con el lugar, momento y especie de estudio, y en la mayoría de los países latinoamericanos el acceso a los recursos en dinero y equipos es limitado para el trabajo en salud de la fauna, sobre todo cuando este se dirige a la conservación. Por lo tanto, es recomendable tener un di-

seño experimental muy claro desde el inicio del estudio acordado por todos los miembros del grupo investigador. Conocemos varios casos de investigadores frustrados, los cuales una vez han finalizado el trabajo de campo, encuentran que la información no tiene los alcances o la calidad esperada por pequeños detalles de muestreo o de la colección de la información. Uno especialmente interesante, es de uno investigador que después de trabajar varios meses con cetáceos en el mar, encontró que la forma de registro de sus observaciones no era útil para los objetivos que tenía y difícilmente era cuantificable. Es sorprendente la cantidad de información supremamente valiosa colectada con grandes esfuerzos personales, de tiempo y dinero que se ha perdido por una planeación deficiente.

El trámite de los permisos de investigación y acceso a recursos genéticos debe ser considerado también en la definición de las variables con antelación al inicio del trabajo, ya que en algunos países de Latinoamérica son difíciles de obtener y requieren de varios meses. Por ejemplo, en el caso colombiano las solicitudes para el permiso de investigación en biodiversidad deben contemplar el lugar exacto en donde se tomará la muestra, la especie y el tipo de muestra (por ejemplo, hisopado rectal) y detallar los análisis de laboratorio que se llevarán a cabo (por ejemplo, muestra para cultivo viral y PCR para *Orthomyxovirus* transportado en medio de transporte viral). Cualquier análisis de laboratorio al nivel molecular en fauna silvestre requiere de la realización de un contrato de recursos genéticos (ver por ejemplo, el Decisión 391 de 1996 de la Comunidad Andina de Naciones), por lo que sí está incluyendo estas pruebas u otras relacionadas con genética dentro de su diseño de estudio, debe considerar que puede tomarle meses e incluso años el trámite de los permisos. Esta estructura de licencias es poco flexible para hacer adaptaciones (por ejemplo, cambios en el número o tipo de muestra, las

especies de estudio y el lugar) durante el desarrollo del estudio e incluso, puede entorpecer la respuesta a eventos de morbilidad y mortalidad; pues responde más a elementos legalistas que a un verdadero entendimiento de la situación en el campo o de los argumentos científicos y biológicos. Esto enfatiza aún más la necesidad de tener una clara definición de las metodologías y análisis que se utilizarán; lo que se tratará en los siguientes capítulos.

Es extensa y diversa la literatura especializada que trata en detalle los fundamentos y las metodologías de las pruebas matemáticas y estadísticas en los estudios en vida silvestre, por lo que no se detendrá mucho en este punto. Simplemente se quiere ilustrar la pertinencia de abordar rutinariamente el estudio de la salud de la fauna de manera organizada y sistemática, mediante la descripción de algunos procedimientos usados en el Centro Araguatos y se espera que sirvan de guía a los interesados en el estudio de la salud en ecosistemas naturales. Los pasos que implican el análisis de los resultados se dividen en las siguientes etapas cronológicas:

- Inspección general de los datos. En un trabajo interdisciplinario en varios niveles que involucra la toma de una cantidad abundante de datos por varias personas, existe una alta probabilidad de error debido a causas ajenas al muestreo per se, como en la homogenización de conceptos y unidades de medición, técnicas y términos dentro del grupo de trabajo, transcripción, interpretación, nomenclatura, etc. Los problemas tenidos con mayor frecuencia son debidos a la información geográfica, por causas que se discuten en detalle más adelante (localización y uso de planos) y errores menores en la anotación y legibilidad de la información. La revisión de los grupos de datos se hacen en las tablas y en ocasiones utilizado gráficos de puntos para divisar datos extremos

anormales, y en caso de encontrar inconsistencias se confirma con las anotaciones originales. Si un dato se considera dudoso se debe excluir del análisis (¡lo que normalmente es realmente doloroso!).

- Organización y agrupación de los datos. La información se agrupa por la unidad de medida (p.e. longitud de tarso, precipitación), unidad taxonómica (especie, género, comunidad) y el nivel (hábitat, población e individuo) de acuerdo con las variables definidas en el diseño del estudio y teniendo cuidado de conservar las unidades de asociación. Cuando el trabajo involucra varios sitios de muestreo, especies y/o tiempos, la información se subgrupa de manera que se conservan estos factores como variables independientes para los análisis posteriores.
- Inspección detallada de los datos. Una vez la información ha sido organizada, debe ser posible entender su calidad frente a sus atributos como tamaño, tendencias, dispersión y distribución; parámetros que son también útiles para identificar datos aberrantes (valores anormalmente extremos) que requieren análisis en detalle para su explicación.
- Análisis de los resultados. El análisis de los resultados se enfoca en la estimación y descripción el estado de salud de una especie (comunidad) y/o ecosistema y en identificar las amenazas que representan un riesgo para su conservación. Estos análisis se hacen a través de diferentes métodos como la descripción de las observaciones y la utilización de pruebas estadísticas y modelos.
- Formulación de las necesidades de manejo y recomendaciones. Se identifican y formulan las acciones de manejo, que deben ser monitoreadas y ajustadas según su desempeño y a nuevas necesidades que surjan. En este proceso, los resultados deben retroalimentar el modelo.

Pruebas estadísticas

El uso de las pruebas estadísticas depende de las hipótesis planteadas, pero hay que reconocer que en buena medida obedecen a los criterios, experiencia y preferencias de los investigadores. El consejo es, nuevamente retomando a Lord Rutherford, realizar lo más simple y preciso posible. La verdad es que con la creación de los programas de computador especializados, el uso de la estadística se ha facilitado enormemente y no se hace necesario conocer los fundamentos de una prueba para hacerla. Esto conlleva algunos problemas, algunos de los cuales han sido experimentados por los mismos autores. Ya anteriormente se mencionó que no es raro que los investigadores definan las pruebas a realizar después de haber obtenido los resultados y no en un principio. Esto deriva en errores en el muestreo y/o en el planteamiento e interpretación de la prueba (por ejemplo, en la interpretación de la hipótesis de una o dos colas, en la definición del nivel de confianza con la consecuente posibilidad de cometer errores tipo I o II, etc.). Así, es fácil realizar un carrusel de pruebas hasta encontrar la que más se adapte a lo que buscamos, por lo que en algunos trabajos en fauna los análisis se constituyen gran parte del cuerpo dejando la sensación que la estadística es el fin y no el instrumento. También, es muy fácil caer en errores y sesgos en el planteamiento y entendimiento de las variables, relaciones y factores, y por lo tanto realizar pruebas sesgadas de dudosa validez.

Las pruebas estadísticas que más frecuentemente se han usado por los autores para el análisis de los resultados en la salud de la fauna en ecosistemas naturales, son las siguientes:

- Análisis de la muestra. Hay varias pruebas para medir la distribución de los datos como la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Este paso es primordial para definir en qué forma se van a tratar los datos en el

procedimiento de análisis estadístico, ya que con frecuencia las muestras con que se cuenta son pequeñas y/o los datos son discretos. Aquí se define de acuerdo con los objetivos y naturaleza de datos obtenidos, sobre la necesidad y pertinencia de normalizar los datos y el uso de pruebas paramétricas o no paramétricas. Adicionalmente, de acuerdo con Lumsden (2006) el conjunto de datos se observa para la identificación de valores atípicos (outlier).

- Análisis de las relaciones (asociaciones) entre las variables. Para los autores ha sido especialmente útil el uso de correlaciones de Pearson (paramétrica) y Spearman (no paramétrica), para hacer evaluaciones específicas de las relaciones entre dos o más variables.
- Diferencias entre dos muestras no relacionadas. Con buen resultado se han usado por los autores las pruebas t de Student para muestras no relacionadas (paramétrica) y Mann-Whitney (no paramétrica).
- Diferencias entre dos muestras relacionadas. Las pruebas más usadas son t de Student para muestras relacionadas (paramétrica) y Wilcoxon (no paramétrica).
- Diferencias entre varias muestras no relacionadas. ANOVA y MANOVA (paramétrica) y Kruskal-Wallis (no paramétrica).
- Diferencias entre varias muestras relacionadas. ANOVA (paramétrica) y Friedman (no paramétrica).

En la actualidad, afortunadamente se encuentran una buena oferta de paquetes estadísticos para el análisis de los resultados. Los autores han utilizado OpenStat, que incluye las pruebas más utilizadas y puede descargarse gratis por Internet; Minitab, bastante amigable al usuario y ofrece compra o renta a bajos precios para el sector académico; e IBM SPSS, el cual ofrece varias versiones que incluyen opciones especializadas para los diferentes usuarios.

Modelos

El uso de modelos es útil y se tiene buena experiencia, ya que han sido utilizados en una amplia gama de situaciones y contextos para predecir los efectos de los cambios globales, regionales y locales, y definir políticas de manejo ambiental (Bousquet & Le Page, 2004; Kickert, Tonella, Simonov, & Krupa, 1999). Actualmente su uso está muy extendido en epidemiología y ecología, y presentan por lo tanto una excelente base para la unión teórica y práctica de la medicina, la biología y ecología dirigida a la salud; pues permiten la conceptualización de variables y relaciones de manera compleja y generar simulaciones para entender su comportamiento. La diagramación de un modelo es una opción para la planeación pues facilita la visualización de la estructura y funcionamiento de un sistema y el entendimiento del comportamiento esperado de variables y relaciones desde los diferentes puntos de vista disciplinares.

Análisis de viabilidad poblacional

Una alternativa interesante es el uso de los análisis de viabilidad poblacional (AVP) para evaluar el riesgo de extinción de una población silvestre debido por ejemplo, al resultado del impacto humano sobre el medio ambiente. Aunque se requiere disponer de información detallada y específica, el AVP es una herramienta práctica en la planeación del manejo de poblaciones, ya que cuantifica el riesgo en que se encuentra la población en diferentes escenarios, permitiendo la comparación entre varias alternativas de manejo (Burgman, Ferson, & Akçakaya, 1993; Lindenmayer, Clark, Lacy, & Thomas, 1993). Actualmente se cuenta con varios programas de computador que permiten construir modelos de predicción con base en las variables que controlan la dinámica de las poblaciones naturales y que son, rasgos de la historia de vida, factores determinísticos y procesos estocásticos; paquetes para AVP con base individual son GAPPS y VORTEX, y con base en matrices

(cohorte) son INMAT, RAMAS[®] Metapop y RAMAS[®] Stage (Brook, Burgman, & Frankham, 2000). La limitación que tiene el uso de los paquetes de AVP es que las enfermedades se tratan simplemente como eventos estocásticos con impacto demográfico en la población; aunque las posibilidades de análisis se incrementan mediante la utilización de módulos como OUBREAK, mediante el cual es posible vincular el AVP con la epidemiología de una enfermedad (P. Miller, Lacy, Pollak, & Bright, 2003; P. S. Miller, 2007). Esto definitivamente incrementa las posibilidades de análisis (ver por ejemplo, Armstrong, Jakob-Hoff, & Seal, 2003).

Programas de simulación

Los programas de simulación ofrecen grandes posibilidades para el análisis de la información a través del diseño de estudio en tres niveles como el que aquí se describe, debido a su versatilidad y relativa facilidad para los usuarios que no tienen conocimientos profundos en programación y matemáticas. El uso de los paquetes VENSIM[®] (*Ventana Systems, Inc.*) y STELLA[®] (*High Performance Systems, Inc.*) son poderosos y utilizan herramientas amigables y sencillas y se tiene la ventaja que han sido utilizados en modelos poblacionales y epidemiológicos en una amplia diversidad de condiciones. En Armstrong *et al.* (2003) se encuentran varios ejemplos que muestran la aplicabilidad de estos modelos en situaciones que involucran manejo de la fauna, enfermedad y conservación. VENSIM[®] ofrece una versión de libre acceso con fines académicos (PLE), que tiene algunas limitaciones en comparación con las otras (PLE plus, Pro y DSS), pero que sigue siendo útil (más información en www.vensim.com).

Herramientas para el análisis de riesgo

La revisión de la crisis ambiental que se hizo en el primer capítulo puede ilustrar el porqué el análisis de riesgo es cada día más utilizado en diversos áreas, incluyendo la salud de la fauna. Éste se refiere al uso de la información de manera siste-

mática para predecir la ocurrencia y magnitud de un evento, por lo que puede aproximarse a partir de cualquier aspecto en el cual se considere que hay una potencial amenaza para la salud de las poblaciones animales y los ecosistemas. En vida silvestre se enfoca principalmente en las amenazas por sustancias y especies contaminantes, lo que concierne la invasión por especies exógenas, incluyendo las parásitas y no parásitas. Es así como en las últimas décadas, desde la formulación por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (NAS-NCR 1983) del marco del modelo de análisis de riesgo como respuesta a los preocupantes niveles de sustancias químicas en el ambiente, la evolución y aplicación de estas herramientas ha sido fundamental para identificar y cuantificar el tamaño y naturaleza de los efectos adversos de las amenazas a las poblaciones animales y ecosistemas naturales, salud animal y salud pública y generar acciones consecuentes para el manejo y comunicación del riesgo.

La estimación del riesgo en fauna en ecosistemas naturales y en cautiverio se puede hacer a través de métodos cuantitativos y cualitativos. De acuerdo con la OIE, la evaluación cuantitativa se expresa en términos numéricos, la probabilidad para cada momento permite crear escenarios y evaluarlos. Por otra parte, la evaluación cualitativa enuncia en términos descriptivos la probabilidad de ocurrencia y magnitud de las consecuencias. Por medio de métodos cualitativos se puede hacer la descripción epidemiológica de los momentos involucrados en el árbol de eventos y la formación de escalas ordinales de probabilidades para priorizar los riesgos, acciones y factores; que se utilizan durante la evaluación inicial, cuando se presume que el riesgo no representa alta importancia, o cuando se carece de la información requerida para llevar a cabo un método cuantitativo. Esta última situación se observa con frecuencia en vida silvestre, e inclusive para enfermedades de alta importancia en salud pública

como lo demuestra el ejemplo sobre la identificación y evaluación del riesgo de introducción de influenza aviar a los parques naturales colombianos que se presenta en el recuadro (Caso 2-2).

Diversos modelos y herramientas pueden ser utilizados para realizar análisis de riesgo en fauna silvestre (ver por ejemplo para el riesgo de invasión de especies la página del grupo especialista en especies invasoras en http://www.issg.org/events_resources.htm, y para enfermedades a

Armstrong *et al.*, 2003). En Latinoamérica se encuentran varias aplicaciones en vigilancia epidemiológica (González Origel, 2009), con frecuencia orientadas a comunidades humanas a partir de los ciclos selváticos (Brito *et al.*, 2005; Saez-Saez, Seijas, & Montezuma, 2007) pues en la revisión de literatura realizada no se encontraron referencias sobre estudios de análisis de riesgo de enfermedades dirigidos al efecto sobre la conservación de las especies en vida silvestre en la región.

Tabla 12. Algunas herramientas de evaluación de riesgo reportadas en fauna silvestre y/o empleadas en ciclos selváticos de enfermedades.

Herramienta	Características	Ejemplos de su uso
Herramientas para la evaluación de riesgo OIE	Modelo sistemático para la identificación, evaluación, gestión y comunicación del riesgo con base en metodologías cualitativas y cuantitativas.	
CBSG Health Assessment Worksheet		
Programa @Risk	Análisis estocástico y determinista Montecarlo.	
NZ DoC Disease Risk Assessment Tool (DRAT)		
CCWHC Risk Assessment Guidelines		
MapInfo	Análisis espacial	Análisis especial del riesgo de fiebre amarilla en una localidad en Venezuela (Saez-Saez <i>et al.</i> 2007).
Programa Arkview	Análisis espacial	Construcción de un modelo espacial para determinar áreas de riesgo en Colombia de rabia silvestre (Brito <i>et al.</i> 2005)
Stella®	Modelo de simulación para modelos de sistemas completos utilizando diagramas de Forrester.	Construcción de un modelo visual para establecer la dinámica de transmisión del sarampión a los <i>Gorila beringei</i> a través de niños (P. S. Miller, 2007). Evaluación del riesgo de la introducción de la peste bovina a las poblaciones ex situ de <i>Litocranius walleri</i> en USA a través de semen importado.
Vensim®		Modelo de diseminación de la rabia de zorro en Illinois (Deal, Farello, Lancaster, Kompare, & Hannon, 2004)
Programa Vortex/ Outbreak	Outbreak: Simula dinámica de enfermedades empleando algoritmos conceptuales y Vortex es un programa de simulación estocástica individual de los procesos de extinción.	Se puede emplear Outbreak para medirla enfermedad y posteriormente Vortex para evaluar el impacto en la modificación de las tasas demográficas como una función del estado individual de enfermedad del animal. El software Outbreak puede bajarse gratuitamente en la dirección http://www.vortex9.org/outbreakinstall.zip
RAMAS		

Caso 2-2: PONDERACIÓN DEL RIESGO DE LA INTRODUCCIÓN DEL VIRUS DE INFLUENZA AVIAR AL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA.

Ricardo Malaver, Victoria Pereira-Bengoia, Fernando Nassar-Montoya. Centro Araguatos & Universidad de la Salle.

Objetivos. En el año 2007 se realizó un análisis del riesgo cualitativo de la introducción de la influenza aviar al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, con el objetivo de identificar los indicadores de riesgo para la introducción del virus a los parques, categorizar las áreas del Sistema según el riesgo para la introducción del virus y hacer recomendaciones para el monitoreo de la influenza aviar.

Metodología. Se aplicó la metodología de análisis de riesgo cualitativo de la OIE (2004, 2006). El estudio utilizó información secundaria de Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales Naturales de Colombia y Asociaciones Ornitológicas Colombianas y de la información de los sistemas de producción avícola y porcícola. La fuente de la información geográfica fue obtenida del Grupo de Planeación y Seguimiento SIG del Sistema de Parques Nacionales de Colombia, Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Asociación Colombiana de Ornitología, Asociación Bogotana de Ornitología, Asociación Calidris, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, FENAVI y Conservación Internacional. La información de la epidemiología del virus se realizó mediante revisión secundaria y análisis de material científico y oficial referente a brotes epidémicos y epizooticos de influenza aviar en el mundo. Esta incluyó fecha, ubicación y condiciones geográficas y físicas, características especiales, especies afectadas, presencia de centros urbanos y número de casos humanos fatales por el evento. Las variables identificadas se categorizaron de acuerdo con la localización geográfica, aves domésticas y aves migratorias para la elaboración de matrices para la ponderación de los indicadores de riesgo. Con la colaboración del Grupo de Planeación y Seguimiento (Sistemas de Información Geográfica de Parques Nacionales de Colombia), y el grupo de Sistemas de Información Geográfica de la Fundación Puiqui, se construyó un mapa de riesgo con los factores identificados que fueron procesados con el software ARC-GIS 9.1. Como base geográfica se empleó el mapa de Colombia al que se le incluyó la información de la división política, ubicación de las áreas del Sistema de Parques, ecosistemas generales, hidrografía, rutas migratorias de aves (especialmente especies pertenecientes a la familias importantes en la epidemiología de la enfermedad), centros poblados cerca de zonas de amortiguación o dentro de los Parques y cantidad de granjas avícolas por municipio.

Identificación del riesgo. En la revisión realizada en 2007 sólo se encontró un reporte del ICA de un brote por el virus H9N2 en tres granjas avícolas en Tolima. Por tanto, no se identificaron brotes para el país que representaran riesgo, considerándose Colombia como libre para el virus de alta y baja patogenicidad de la Influenza Aviar de acuerdo con el documento CONPES 3468. Tampoco se encontraron registros de países vecinos. De todas formas, la enfermedad según el Documento CONPES 3468 de 2007 entró al programa de control oficial, por lo que se estaban capacitado a médicos veterinarios y biólogos de organismos oficiales en su vigilancia, diagnóstico y control. El ICA había venido haciendo vigilancia activa en aves comerciales y en programas de seguridad alimentaria cada seis meses y pasiva de todos los casos de aves con signos respiratorios. También se realizaba Inmunodifusión en Agar Gel en todas las importaciones de aves vivas. Adicionalmente de acuerdo a el CONPES se debía realizar vigilancia en aves residentes en tres humedales de llegada de aves migratorias. La Resolución 07 de 2007 de la Dirección de Prevención y Atención de Desastres, estableció la Comisión para Prevenir y Mitigar el Impacto de la Pandemia de Influenza Aviar en Colombia. El CONPES 3468 definió las estrategias y metas para mantener el estatus de país libre y le dio la responsabilidad al MAVDT de definir la estrategia de monitoreo de aves silvestres con georeferenciación de las rutas migratorias y de poner en marcha el Plan Nacional de Vigilancia sobre Influenza Aviar de Aves Silvestres.

Evaluación de la difusión. Hay que considerar que a pesar que en 2007 no se reportara prevalencia de influenza aviar en los Parques Nacionales Naturales de Colombia que sugiriera algún lugar desde el que se pudiera difundir el virus en Colombia, la verdad es que no había reportes de estudios en aves silvestres residentes o migratorias en el país que pudieran confirmar esta afirmación, a pesar que las condiciones ecológicas de los parques permitirían la sobrevivencia y difusión del virus y todos los subtipos de influenza aviar

se hubieran reportado para aves silvestres acuáticas con variaciones entre los hospedadores, la ubicación geográfica y la época del año (Stallknecht & Brown 2007). Varias especies registradas en Colombia serían de importancia en la dinámica silvestre de la enfermedad. Entre las aves migratorias boreales se encuentran *Anas americana*, *Anas discors*, *Anas clypeata*, *Anas acuta*, *Anas crecca*, *Aythya collares*, *Aythya affinis*, *Larus atricilla*, *Larus pipixcan*, *Sterna máxima*, *Sterna hirundo*, *Pluviales squatarola*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa flavipes*, *Tringa solitaria*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa flavipes*, *Tringa solitaria*, *Charadrius semipalmatus*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Calidris mauri*, *Calidris minutilla*, *Limnodromus scolopaceus*, *Ardea herodias*, *Butorides virescens*, *Falco peregrinus*, *Falco columbarius*, *Buteo platypterus* y *Buteo swainsoni*, y entre las especies residentes: *Phalacrocorax olivaceus*, *Phalacrocorax bougainvillii*, *Buteo platypterus*, *Falco sparverius*, *Charadrius alexandrinus*, *Pelecanus occidentales*, *Neochen cubata*, *Oxyura dominica*, *Amazonetta brasiliensis*, *Anas flavirostris*, *Anas bahamensis*, *Merganetta armatta*, *Dendrocygna autumnales*, *Dendrocygna viduata*, *Dendrocygna bicolor*, *Netta erythrophthalma*, *Sarkidiornis melanotos*, *Cairina moschata* y *Oxyura jamaicensis*

Evaluación de la exposición. Las vías de exposición son: 1/. **Migraciones.** La migración boreal ocurre por la Ruta Atlántico, Ruta Golfo de México y Rutas centroamericanas. En Colombia se reportan tres corredores principales, Mérida-Llanos, Orinoquía-Amazonia y Andino, los que son utilizados por las especies que llegan al país provenientes del norte, de las cuales se han registrado 10 especies rapaces, 8 patos, 36 playeras (chorlitos, andarríos, becasinas, falaropos, etcétera), 17 págalos, gaviotas y gaviotines. Adicionalmente, hay posibilidad de la presencia de corredores amazónicos con una orientación sureste - noroeste. El conjunto más diverso de aves migratorias boreales son paseriformes (atrapamoscas, golondrinas, zorzales, verdernes, turpiales, reinitas, etcétera).

Su ingreso a Colombia se produce a través de todas las rutas mencionadas, mientras que el grueso de la migración de primavera ocurre al parecer por las rutas occidentales. Además de estos grupos taxonómicos, algunas garzas, pollas de agua, gallinaceas, vencejos y cuclillos llegan e igual que las demás visitantes boreales utilizan una diversidad de rutas de vuelo antes de distribuirse por el territorio nacional. Al hacer un mapa de las especies migratorias en los Parques Nacionales Naturales (Hilty & Brown 1986) se observó que la vía incluye los Parques Nacionales localizados en las costas Atlántica y Pacífica por la presencia de aves acuáticas migratorias, además de aves locales: Dirección Territorial Caribe: SFF Ciénaga Grande de Santa Marta, PNN Tayrona, SFF Flamencos, VIP Isla de Salamanca, PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Dirección Territorial Sur occidente: SFF Malpelo, PNN Gorgona, PNN Sanquianga. Dirección Territorial Noroccidente: PNN Ensenada de Utría y PNN Katíos. Considerando que en las especies migratorias acuáticas se detectaron diversos subtipos de influenza de bajo patogenicidad en Norteamérica pero no para Colombia, se consideró que esta vía representaba riesgo moderado de introducción a los Parques Nacionales de VIA-BP (virus de influenza aviar de baja patogenicidad) y ligera para VIA-AP (virus de influenza aviar de alta patogenicidad). De acuerdo con las rutas migratoria internas, en el caso que se detectara un brote en Colombia la probabilidad de que las aves silvestres introdujeran el virus a partir de otros territorios del país previamente infectados era alta para VIA-BP y moderada para VIA-AP. 2/. **Movilización de animales por el comercio de aves vivas y sus productos.** De acuerdo con Kilpatrick y colaboradores (2006), había mayor probabilidad de que el virus se distribuya a través del comercio avícola que por las aves migratorias en las Américas; lo que depende de los controles y vigilancia epidemiológica. Colombia prohíbe las importaciones de productos y subproductos de aves de los países en donde se han presentado casos de infección por el virus de alta patogenicidad. La vigilancia se realiza a través de los puertos marítimos, aeropuertos internacionales, vías terrestres de comunicación y puntos de inspección en la frontera, en donde se encuentran puntos de vigilancia ICA. La Resolución 2101 de 2007 del ICA restringe la distribución de aves con fines de cría en zonas cercanas a los lugares de migración; aunque se podía observar tránsito de vehículos con aves vivas y huevos en las carreteras en los parques (observación R. Malaver en el PNN Chingaza). Por tanto, la probabilidad de que el virus de la influenza aviar entre a los Parques Nacionales directamente del exterior por esta vía, es insignificante; a pesar que esta podría ser la más importante para la introducción al país del virus fuera del sistema de áreas protegidas. En el caso que se detecte un brote en Colombia, la probabilidad de que el comercio de aves vivas

y subproductos introduzcan el virus a Parques Nacionales a partir de otros territorios del país previamente infectados es Moderada. 3/. **Movimiento ilegal de animales silvestres y liberación de individuos confiscados.** Algunos reportes mostraron la introducción de subtipos del virus por tráfico ilegal de fauna. Sin embargo, considerando la movilización de animales a los parques en el caso que se detecte un brote en Colombia, la probabilidad de que el tráfico ilegal introduzca el virus a partir de otros territorios del país previamente infectados es Ligera. 4/. **Aves de traspatio.** Éstas eran comunes en áreas de amortiguación y generaban un flujo de movimiento y contacto. La probabilidad de que el virus de la influenza aviar entrara a los Parques Nacionales Naturales directamente del exterior por esta vía, era Insignificante. En el caso que se detectará un brote en Colombia, la probabilidad de que las aves de traspatio introdujeran el virus a partir de otros territorios del país previamente infectados era Moderada. 5/. **Producciones avícolas.** Las granjas avícolas del país se consideraban libres de influenza aviar de alta y baja patogenicidad. Adicionalmente tenían altas estándares de bioseguridad. Por tanto, estos lugares no representaban riesgo para los parques. Sin embargo, en el momento que se llegara a detectar circulación de virus, en los parques cercanos a lugares de alta concentración de avícolas el riesgo por esta vía es Moderado, a través de aves silvestres y desechos orgánicos de la producción avícola.

**Parques Nacionales Naturales de Colombia
en relación con mayor cantidad de granjas avícolas por municipio, año 2007.**

Parque Nacional Natural	Granjas avícolas en el Área de Influencia del Parque
Dirección Territorial Caribe	
PNN Tayrona	18-32
PNN Sierra Nevada de Santa Marta	18 a 32
Dirección Territorial Noroccidente	
PNN Los Nevados	18-32
SFF Otún Quimbaya	18-32
Dirección Territorial Norandina	
PNN Serranía de Los Yariquíes	De 60 a 158
Dirección Territorial Sur occidente	
PNN Farallones de Cali	De 18-32
PNN Las Hermosas	De 18-32
PNN Sanquianga	Menor a 17
Dirección Territorial Surandina	
PNN Nevado del Huila	De 18-32
Dirección Territorial Amazonia-Orinoquía	
PNN Chingaza	De 18-32
PNN Sumapaz	De 60 -158

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Departamento Nacional de Estadística-DANE- FENAVI. Federación Nacional de Avicultores Fondo Nacional Avícola-FONAV. I Censo de Avicultura Industrial. Resultados 2002. Bogotá: DANE, 2002.

6/. **Visitantes.** La probabilidad de que el VIA entre a los parques directamente del exterior por esta vía es ligera, ya que existe el riesgo de que personas que hayan visitado áreas infectadas visiten los parques. Adicionalmente, los parques considerados en mayor riesgo por otros factores, como lo son los de la Costa Atlántica PNN Corales del Rosario y San Bernardo, PNN Tayrona, SFF Flamencos, PNN Macuira, VP Isla de Salamanca, y en la Costa Pacífica el PNN Gorgona, SFF Malpelo, PNN Sanquianga, fueron los más visitados en 2006.

Probabilidad de que el virus entrara a Parques Nacionales Naturales de Colombia directamente sin atravesar otros territorios en 2007.

	Aves silvestres	Comercio aves/ productos	Animales ferales	Tráfico ilegal	Liberación fauna	Aves de traspatio	Producción avícola	Actividades humanas
Reservorio y eliminación	VIA-BP: B VIA-AP: L	EB	I	EB	EB	I	EB	I
Transmisión	VIA-BP: L VIA-AP: L	I	I	I	I	I	EB	M

I: Insignificante: El evento virtualmente no ocurriría, **EB: Extremadamente baja:** Extremadamente improbable que ocurra el evento,

MB: Muy baja: Muy improbable que ocurra el evento, **B: Baja:** Improbable que ocurra el evento, **L: Ligera:** Posible que ocurra el evento a una probabilidad baja, **M: Moderada:** Posible que ocurra el evento a una probabilidad alta, **A: Alta:** Altamente probable que ocurra el evento

Probabilidad de que el virus entrara a los Parques Nacionales a partir de otros territorios colombianos. En 2007 era insignificante ya que Colombia se consideraba libre de la enfermedad. Sin embargo, ante el hecho que la infección se detectara en el territorio nacional, la probabilidad de entrada a los parques nacionales se muestra en la tabla siguiente:

Probabilidad de que el virus entre a Parques Nacionales Naturales de Colombia directamente a partir de otros territorios Colombianos.

	Aves silvestres	Comercio aves/ productos	Animales ferales	Tráfico ilegal	Liberación fauna	Aves de traspatio	Producción avícola	Actividades humanas
Reservorio y eliminación	VIA-BP: L VIA-AP: L	M	I	L	M	M	M	I
Transmisión	VIA-BP: L VIA-AP: L	L	I	L	M	M	M	A

Convenciones. Idem tabla anterior

Ponderación del riesgo de introducción del virus de influenza aviar a Parques Nacionales Naturales. Hay alta incertidumbre en la identificación de la probabilidad de exposición, difusión y ocurrencia del virus de influenza aviar debido a la poca información disponible en el país sobre el comportamiento de las poblaciones naturales de aves y sobre la prevalencia del virus en aves silvestres, además de los elementos estocásticos que podrían estar involucrados en la dinámica del virus en las condiciones del país. De todas formas, se puede hacer una estimación de la probabilidad del riesgo de introducción de la enfermedad a los parques nacionales, siempre y cuando se conservan las condiciones.

Ponderación del riesgo de introducción del virus de influenza Aviar a Parques Nacionales Naturales de Colombia en 2007.

Riesgo	Via-bp	Via-ap
Probabilidad de Exposición	Moderada	Baja
Probabilidad de Difusión	Ligera	Insignificante
Probabilidad de Ocurrencia	Ligera	Insignificante

Las consecuencias potenciales de la introducción del VIA en un área de los Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia en 2007*.

Consecuencia potencial	Probabilidad	Severidad de consecuencias
El virus no se expone a un anfitrión conveniente y muere	Baja	Insignificante
El virus solo afecta a animales individuales	Moderada	Insignificante
Establecimiento de un subtipo de virus de influenza Tipo A	Moderada	Baja
Muerte de pocos animales	Ligera	Alta
Muerte de muchos animales	Moderada	Extrema
Muerte de aves domésticas por un virus de influenza cerca de un Parque Nacional Natural que ha tenido simultáneamente un evento de mortandad en aves silvestres	Alta	Extrema
Extinción de poblaciones locales	Insignificante	Extrema

*Categorización de acuerdo con: OIE. Comisión Regional para las Américas. Análisis de Riesgo. Guía Práctica. Grupo de Trabajo sobre Análisis de Riesgo, 2006. p 12

Referencias

Hilty SL y Brown WL. (1986). A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press. 837 p.
 Stallknecht D, Brown J. (2007). Wild Birds and the Epidemiology of Avian Influenza. Journal of Wildlife Diseases. Vol. 43 Num. 3.
 OIE. (2006). Comisión Regional para las Américas. Análisis de Riesgo. Guía Práctica. Grupo de Trabajo sobre Análisis de Riesgo. p 12.

APLICACIONES DEL DISEÑO DE ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA

Las aplicaciones del estudio de la salud de la fauna que se describen en el presente libro son múltiples y dependen lógicamente de los intereses, experiencias, facilidades, recursos y objetivos de los investigadores. Muchos de los métodos que se abordan están descritos ampliamente en la literatura especializada; lo que se ha intentado aquí es hacer una integración interdisciplinaria que facilite la visualización y el análisis en conjunto a partir de una aproximación que contemple el estado del organismo, población y comunidad y lo relacione con el estado del ecosistema y no sólo esté dirigido a la enfermedad. Es posible aplicar el modelo de estudio en tres niveles en diversos ámbitos, ya que esta organización contribuye a identificar variables de medición relacionables con diversas problemáticas que amenacen la salud y el bienestar de la fauna.

Planeación de programas de investigación en salud de la fauna

Cuando se inició el estudio de la salud de la fauna en el Centro Araguatos, se buscaba llamar la atención sobre la importancia de la inclusión del concepto de salud en los planes de manejo y conservación en Colombia y Latinoamérica, por lo que desde 1999 se enfocó principalmente en el programa del estudio de la salud de las poblaciones de primates en el país. De éste salieron una gran cantidad de los elementos que se describen en este libro. Se eligieron los micos porque se consideran un buen modelo para este propósito por varias razones:

- Al Centro Araguatos le interesaban, por lo cual le preocupaba su bienestar y conservación.
- Comparten una amplia gama de enfermedades con los humanos.
- Se reconocían alrededor de 28 especies (43 taxas si se consideraban las subespecies) distribuidas naturalmente en el país.

- Tienen amplia distribución geográfica en Colombia y Latinoamérica.
- Son el grupo de mamíferos más susceptible al tráfico ilegal de especímenes vivos en Colombia y Latinoamérica.
- Son uno de los grupos de fauna mejor estudiados en cautiverio y vida silvestre.
- En campo es posible seguirlos, observarlos y monitorearlos continuamente y de cerca.

Puede decirse ahora que el planteamiento con el cual se comenzó fue un poco difuso, quizás resultado de la confusión y expectativas que se tenían sobre lo que debería ser la práctica de la medicina veterinaria en la salud de la fauna, como resultado de las iniciativas que estaban ocurriendo globalmente para vincular las disciplinas médicas a la conservación de la biodiversidad y por otro lado, de la ecología al de las enfermedades. Un ejemplo relevante para ese momento y que indudablemente sirvió de guía, fue el Programa de Veterinaria de Campo de la WCS, creado en 1989 y liderado por W. Karesh, que dio importantes directrices en diversos lugares del mundo; incluyendo a Latinoamérica. Así entonces, el diseño conceptual que se desarrolló a través de los años fue el resultado de la evolución del proceso que se muestra en la Tabla 13 por medio del cual se llegó al modelo general de estudio. El esquema de trabajo correspondió al de las corrientes de pensamiento sobre la salud y conservación de los ecosistemas y de las amenazas identificadas para la biodiversidad del planeta, las cuales fueron descritas en el Capítulo 1.

Se hizo un análisis de esta información junto con la disponible de Colombia para definir la situación del país (análisis al nivel nacional), que evidenció el desconocimiento sobre el concepto salud aplicado a la conservación, lo cual repercutía en la forma como se estaban formulando las estrategias de conservación en los niveles locales, regionales, nacionales e inclusive latinoamericana-

nos. Posteriormente, se priorizaron las acciones a seguir para formular objetivos que correspondieran a las necesidades identificadas con metodologías viables para ser implementadas en el contexto nacional.

La información sobre la teoría y la práctica del estudio de la salud de la fauna en vida silvestre en Latinoamérica continúa siendo escasa, a pesar que puede ser amplia en enfermedades zoonóticas que presentan ciclos selváticos. Como se ha venido discutiendo a través del libro, las investigaciones se han centrado principalmente en el estudio de los parásitos zoonóticos y su epidemiología en relación con los ciclos humanos, por lo cual a pesar de la profundidad del conocimiento que se tiene en estos aspectos en enfermedades como por ejemplo, la fiebre amarilla y la rabia silvestre, es relativamente poco lo que se conoce sobre sus dinámicas en las comunidades animales en vida silvestre y su papel dentro del ecosistema y por ende, en la conservación de las especies y ecosistemas. Así, el estudio tuvo la intención de contribuir a solventar las deficiencias debidas a la falta de bases conceptuales y metodologías para evaluar la salud de la fauna y de información sobre los parásitos y su dinámica en los ecosistemas naturales colombianos y Latinoamericanos. También, es necesario recalcar que al hacer el diseño se consideró de suma importancia para la medición de los alcances y resultados esperados, la forma como la información generada iba a contribuir a generar acciones y promover políticas en los ámbitos nacionales y regionales para la conservación de las especies.

El diseño de los estudios realizados en el programa del Centro Araguatos para evaluar la salud de las poblaciones de primates en Colombia se muestra en la Figura 21. Su aplicación fue descrita y evaluada por Nassar-Montoya *et al.* (2003), quienes hicieron un análisis detallado de su ejecución y discutieron sus alcances y limitaciones en el contexto colombiano. En un principio se

dio prioridad a aquellas especies ampliamente distribuidas en Colombia y en las que se reportaban interacciones frecuentes con humanos. La información secundaria base provino de la gran cantidad de estudios que se han realizado en cautiverio sobre medicina y patología, y de aquellos en vida silvestre sobre ecología, biología, comportamiento y en menor grado, de enfermedades. La selección del lugar respondió a una serie de factores adicionales a los inherentes al estudio *per se*, y que finalmente reflejan el ámbito del trabajo en condiciones de campo en algunos países.

Un factor relevante para Colombia en la actualidad y que puede tener menor importancia en otras partes, es la seguridad de los investigadores debido al conflicto social que tiene el país. Las variables de medición seleccionadas en los tres niveles correspondieron principalmente a aquellas que se definieron indicadoras para los lugares y especies de estudio y el peso de la variable, medido por el beneficio que aportaba al esquema vs. La viabilidad de aplicación (costo, disponibilidad de la prueba/tecnología en Colombia y complejidad en la toma y manejo de muestras). Estas

tenían de todas formas que contribuir a identificar las amenazas y entender el estado de salud de los grupos de estudio y la especie en el lugar, para definir las necesidades de manejo, formular acciones y gestionar políticas, de manera que se pueda predecir la probabilidad de conservación.

Es decir, la intención del diseño era eminentemente práctica. Sin embargo, durante el desarrollo del programa se percibió que a pesar que el discurso interdisciplinario y transdisciplinario en la teoría de la salud actual es muy fuerte, en la aplicación se han generado algunos vacíos y confusión en la comprensión de algunos conceptos fundamentales que puede haber distorsionado o sesgado la aplicación de técnicas o prácticas básicas. En la búsqueda de la integridad e integridad del estudio de la salud de la fauna se vio la necesidad de plantear el significado de las conceptualizaciones modernas de la salud, los intereses, sectores, elementos y vínculos, que estarían influyendo en la sensibilidad y especificidad de los estudios y en las acciones y utilización de la fauna en Latinoamérica. El resultado de este trabajo es el presente documento.

Tabla 13. Pasos realizados en la definición del programa para el estudio de la salud de las poblaciones de primates en Colombia.

Paso	Descripción	Consecuencias
Antecedentes:	Documentación de cambios globales con impacto en los ecosistemas naturales. →	- Disturbio en la salud de los ecosistemas - Disminución de la biodiversidad - Emersión de enfermedades
Definición del problema:	Desconocimiento de la situación de la salud de la fauna y los ecosistemas en Colombia. →	- No hay metodologías para evaluar la salud de la fauna. - No se incluyen “medicina y salud” en las políticas y estrategias de conservación del país. - Falta información de los patógenos y su dinámica en los ecosistemas naturales colombianos. - No hay prevención para los eventos que amenacen la biodiversidad y que involucren enfermedades.
Definición del objetivo del programa:	Desarrollo de metodologías para la evaluación y monitoreo de la salud de las poblaciones naturales (de primates) en Colombia. - Identificación de amenazas ambientales y transmisibles para los primates y otras especies (incluyendo el ser humano)	
Investigación retrospectiva preliminar:	Necesidad y viabilidad del estudio en campo: definición de las especies, lugares y diseño de estudio	
Formulación y gestión de proyectos específicos:	Diseño e implementación de proyectos en campo →	- Implementación y evaluación de las metodologías - Identificación de amenazas locales y regionales - Necesidades de manejo y posibilidad de implementación de acciones
Análisis de la información de los proyectos del programa y otras fuentes:	Estimación y descripción del impacto de los riesgos en diferentes ecosistemas, escenarios y especies	Caracterización y cuantificación de las amenazas para la salud de los primates y sus ecosistemas en Colombia, formulación de acciones y gestión de políticas para su conservación.

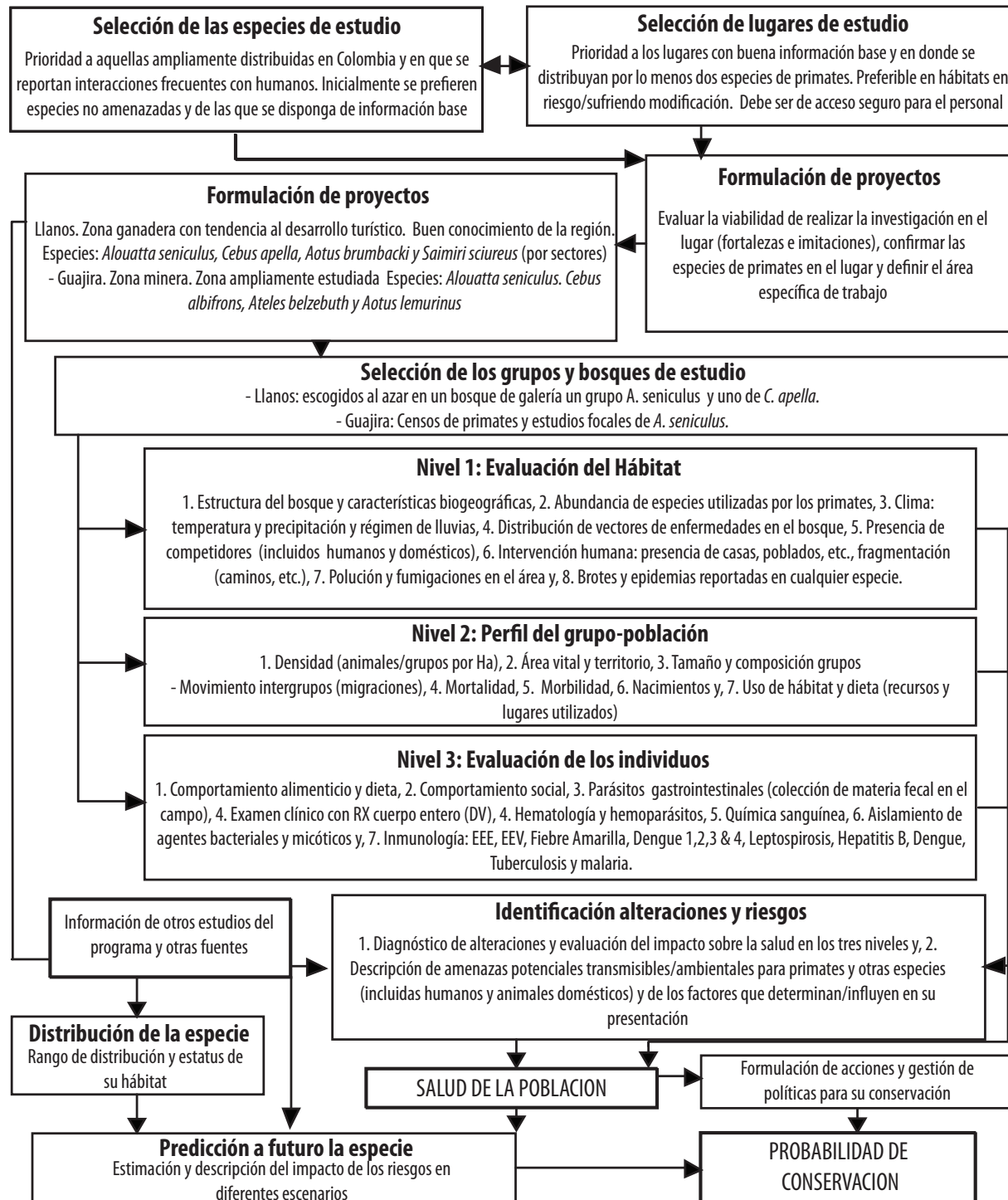


Figura 21. Diseño del programa del Centro Araguatos para evaluar la salud de las poblaciones de primates en Colombia. Tomado de Nassar-Montoya *et al.* (2003).

Estudios de impacto ambiental

Los estudios de impacto y manejo ambiental de la fauna con frecuencia se centran en el estado de las comunidades y poblaciones, por lo general mediante variables como inventario de especies, abundancia y riqueza (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) e información demográfica (censos que consideran en lo posible, sexo, edad, estado reproductivo). Éstas se relacionan con el ecosistema a través de la descripción del paisaje y el estado, fenología y continuidad de los bosques (normalmente se denota la localización de asentamientos humanos, accidentes geográficos, carreteras, etc.). Para un monitoreo se hacen comparaciones espaciales y temporales de estas variables tomadas durante varios muestreos. Sin embargo, las metodologías, alcances e interpretaciones son diversas como puede observarse en la Tabla 14 que presenta una comparación de métodos de censado y monitoreo demográfico en aves (Ralph *et al.* 1996). Adicionalmente, la interpretación del efecto antrópico sobre la fauna

depende de la perspectiva disciplinar. Por ejemplo, de acuerdo con Western (2001) los criterios ecológicos incluyen efectos sobre la estructura del ecosistema como pérdida de biodiversidad, asimetría estructural y reducción de las comunidades y pérdida de especies clave y grupos funcionales; los procesos ecosistémicos como baja regulación interna, alta rotación de nutrientes, alta resiliencia, baja resistencia, baja variabilidad y baja adaptabilidad, y las funciones ecosistémicas como alta porosidad de nutrientes y sedimentos, pérdida de la productividad y pérdida de la reflexión. Por otra parte, los estudiosos de las enfermedades pueden ver en los cambios de las dinámicas parasitarias los síntomas de trastorno del ecosistema y por ende, la emersión de enfermedades como una consecuencia lógica del disturbio ambiental.

Un estudio de impacto ambiental puede organizarse dentro del modelo de estudio de la salud de la fauna en tres niveles. La Figura 22 muestra el diseño conceptual de un trabajo realizado por

Tabla 14. Comparación de métodos de censado y monitoreo de la salud en aves. Modificado de Ralph *et al.* 1996.

OBJETIVO	Puntos	Mapeo de Parcelas	Búsqueda Intensiva	Redes	Búsqueda de Nidos
Tamaño poblacional	Sí	Sí	Sí	Sí	Parte
Densidad	No	Sí	No	No	Parte
Sobrevivencia adultos	No	No	No	Sí	No
Sobrevivencia juveniles	No	No	No	Sí	Parte
Productividad	No	No	No	Sí	Sí
Reclutamiento	No	No	No	Sí	No
Relación con el hábitat	Sí	Sí	Sí	Poca	Parte
Tamaño de nidada	No	No	No	No	Sí
Depredación/parasitismo	No	No	No	No	Sí
Identificación individual	No	No	No	Sí	Sí
Estado reproductor conocido	No	Sí	No	Parte	Sí
Mortalidad	No	Si	Si	No	Parte
Morbilidad	No	Si	No	Poca	Parte
Fatalidad	No	Si	No	No	Parte
Prevalencia parasitaria	No	Parte	No	Si	Parte
Incidencia parasitaria	No	Parte	No	Si	Parte

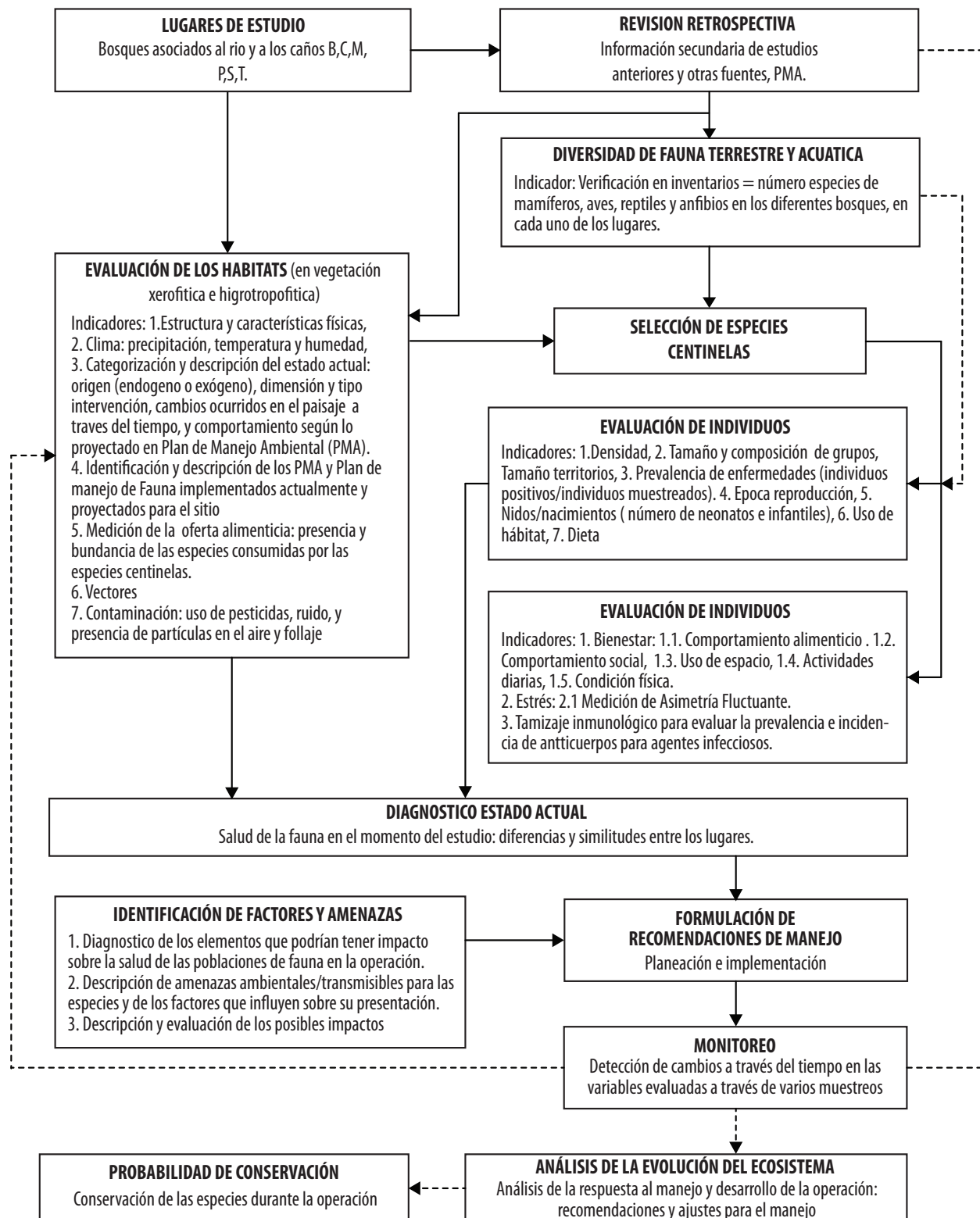


Figura 22. Diseño del monitoreo para evaluar el impacto sobre la fauna de una explotación minera.

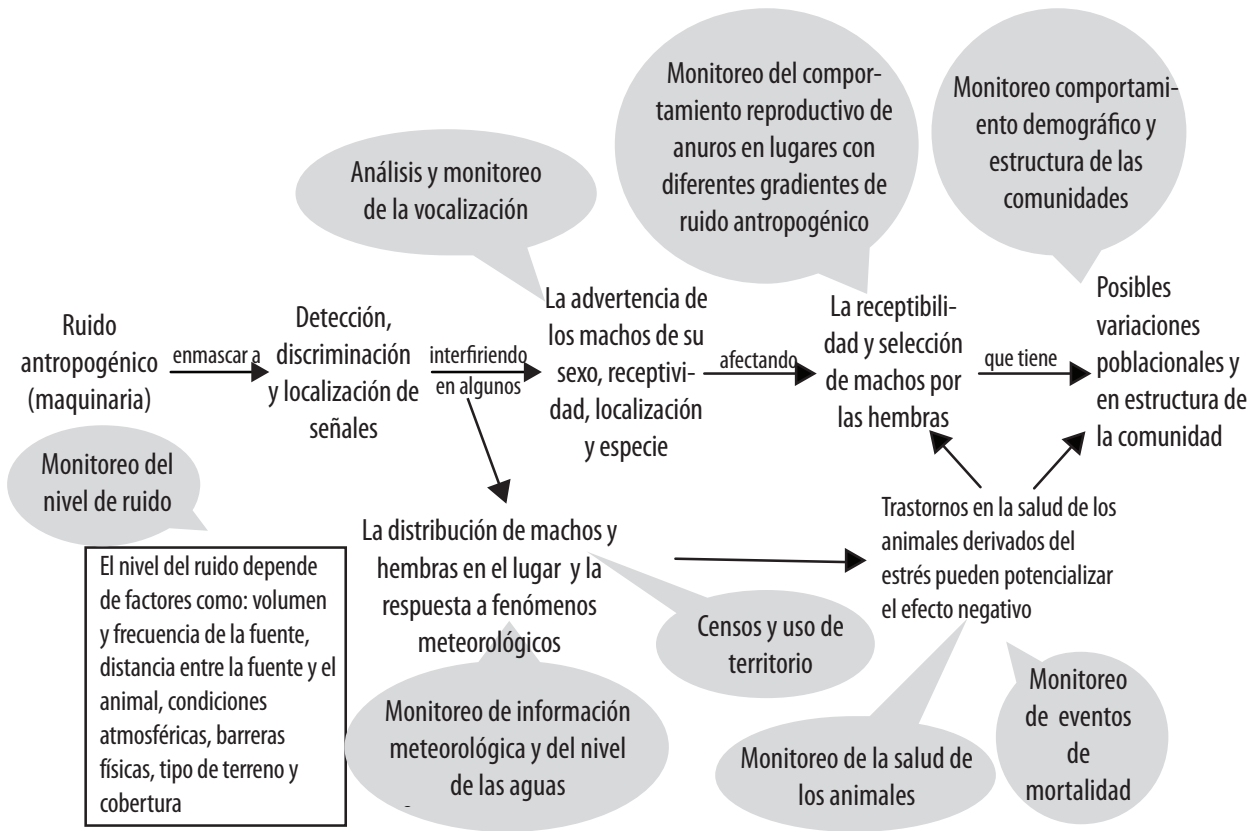


Figura 23. Eventos que podrían desencadenarse por efecto del ruido antropogénico en anuros y que derivan en el trastorno del bienestar individual y de la población y comunidad de anfibios.

el Centro Araguatos para monitorear la fauna en un lugar bajo la influencia del impacto de una explotación minera. En este caso, el modelo respondió a las necesidades de un plan de manejo ambiental en Colombia y tenía como objetivo hacer el diagnóstico y monitoreo del estado de los vertebrados terrestres y acuáticos (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) localizados en el área de influencia para identificar los efectos de la operación (endógenos) y de otros procesos antrópicos (exógenos). También, se buscaba evaluar la efectividad del plan de manejo que se estaba ejecutando. El planificar el monitoreo en tres niveles facilitó la identificación y ponderación temprana de variables y relaciones, algunas de las cuales normalmente no se habían contemplado en los monitoreos que se habían venido realizándose.

Por ejemplo, se puede ver como al incluir el nivel Individuo se enriqueció el estudio desde el punto de vista teórico y práctico, pues los conceptos bienestar y estrés se identificaron como elementos fundamentales en la evaluación del impacto de la intervención sobre la fauna. Estos a su vez, podrían tener la sensibilidad suficiente para indicar de manera temprana tensiones que estarían afectando la estructura y funcionamiento de las poblaciones, comunidades y ecosistemas; además, contribuyen a identificar y entender puntos críticos en la alteración de las funciones ecosistémicas. Es posible hacer relaciones que permitan el análisis complejo de la serie de eventos desencadenados, como las que se presentan en el ejemplo del impacto del ruido en la Figura 23, un posible tensor ambiental identificado en la

operación y que en general es poco estudiado a pesar de reconocerse la importancia del ruido antropogénico en el bienestar, salud y conservación de poblaciones de vida silvestre de mamíferos, aves y anfibios (AMEC Américas Limited, 2005; Ocean Studies Board –OSB-, 2003).

Proyectos de rehabilitación y liberación de fauna

El modelo para el estudio de la salud de la fauna en tres niveles es útil para ser aplicado en proyectos de rehabilitación y liberación de animales al medio natural, pues es altamente aconsejable que éstos sean el resultado de procedimientos técnicos y sistemáticos, de acuerdo con lo que se trató en el primer capítulo. Varios autores llaman la atención sobre el riesgo epidemiológico que conlleva la traslocación de animales y describen metodologías para evaluar la amenaza mediante el uso de modelos, AVP, protocolos, etc. (Chipman, Slate, Rupprecht, & Mendoza, 2008; Fevre, Bronsvoort, Hamilton, & Cleaveland, 2006; Hartley & Gill, 2010; R. Kock *et al.*, 2010; P. Miller *et al.*, 2003; Woodford & Rossiter, 1994), los que indudablemente son útiles para ser implementados en programas de rehabilitación y liberación de animales decomisados en las condiciones latinoamericanas.

Por lo tanto, aunque los programas de rehabilitación a diferencia de los estudios de impacto ambiental se centran principalmente en el individuo, es clara la necesidad de evaluar el efecto de las liberaciones por el peligro que representan para los lugares de recepción; además del consecuente compromiso ético que involucra soltar animales en un medio que les es desconocido y que por ende, puede encontrar altamente hostil (F. Nassar-Montoya, 1999). Así, es necesario considerar los niveles de animal, población (grupo que se libera), las comunidades en el lugar de recepción y el ecosistema para tener la perspectiva de las implicaciones de realizar un proceso de rehabilitación y liberación de animales al medio natural.

Para ilustrar la complejidad que representa un proceso de liberación al medio natural, en la Figura 24 se muestra como el diseño en tres niveles del estudio de la salud de la fauna ha sido aplicado en la planeación, ejecución y monitoreo de la rehabilitación y liberación de animales decomisados; en este caso, de un grupo de *Cebus albifrons* (para ver información detallada de las metodologías y resultados de esta rehabilitación y liberación, remitirse a Clavijo *et al.* (2006), Ramírez *et al.* (2006), Pérez-Sánchez *et al.* (2006). Como resultado es posible visualizar la liberación como un proceso sistemático compuesto de dos partes fundamentales: la rehabilitación en lugares controlados y la post-liberación en vida silvestre. Esta última representa alta incertidumbre y va más allá de los alcances del rehabilitador, pues el éxito está dado por la adaptación que muestren los animales y la extensión de sus impactos sobre la fauna y el ecosistema, incluyendo aquellos que afecten a las comunidades humanas de la localidad. En consecuencia, independientemente de las metodologías de liberación adoptadas (blandas o duras), se hace necesario monitorear los animales hasta que se demuestre que definen y son capaces de mantener un territorio sin evidencia de detrimento o peligro para el ecosistema y las comunidades humanas vecinas.

Como puede observarse, en el proceso planeado se identifican varios puntos críticos para la toma de decisiones sobre el procedimiento de la rehabilitación y el lugar de liberación en coherencia con la especie que se libera, los animales que se recomienda liberar y la necesidad de intervención pos-liberación. Estos dependen fundamentalmente de la identificación taxonómica plena de los animales a nivel mínimo conocido, que para el caso de *Cebus albifrons* se describen cinco subespecies para Colombia: *C.a.albifrons*, *C.a.cesarae*, *C.cuscinus*, *C.a.malitosus* y *C.a.versicolor* (Defler, 2004). Lógicamente dentro de este contexto, cualquier programa de rehabilitación y liberación necesariamente tiene que entender el estatus en

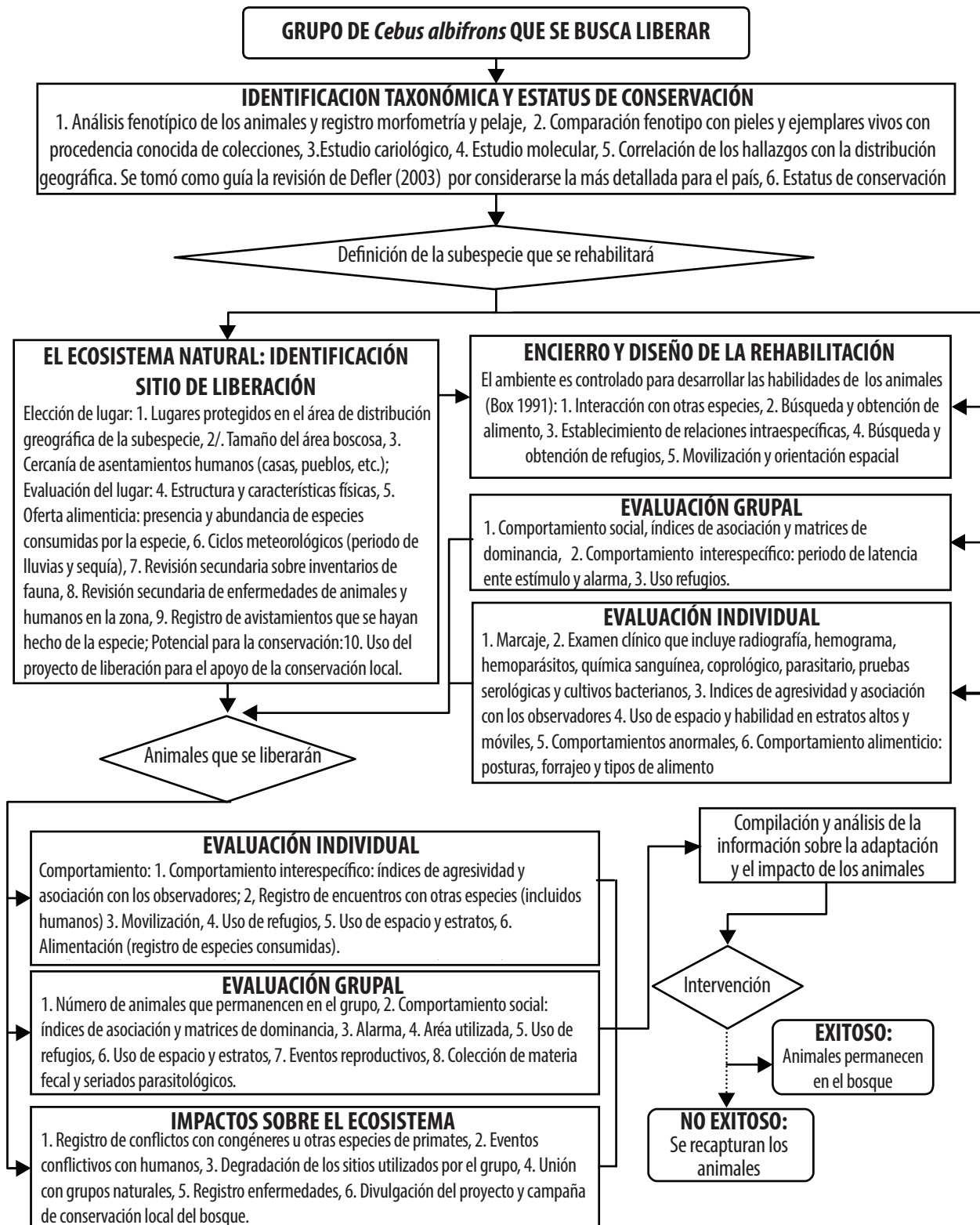


Figura 24. Diseño de un proyecto de rehabilitación y liberación de un grupo de maiceros cariblanos (*Cebus albifrons*) decomisados.

que se encuentra la especie para generar conocimiento y acciones que contribuyan a su manejo y conservación. Desde este punto de vista y considerando los recursos requeridos para realizar un proceso de esta naturaleza, debería darse prioridad para rehabilitar y liberar a aquellas especies en peligro en lugares en que pueda garantizarse su protección y preferiblemente con áreas no usadas por las poblaciones naturales (a no ser que se considere el reforzamiento como un objetivo deseable). A su vez, la respuesta individual a la rehabilitación define cuáles animales pueden liberarse ya que se tiene que propender por su bienestar; por lo cual sólo deben elegirse aquellos que se consideran en capacidad de resistir el periodo post-liberación y por ende, para el caso de los primates que demuestren comportamientos sociales normales que faciliten su adhesión al grupo, además de las otras habilidades expuestas.

Las condiciones del encierro de rehabilitación son controladas, pero limitadas; por lo que normalmente difícilmente podrán simular las condiciones complejas e impredecibles de los hábitats naturales. Esto conlleva un alto componente de incertidumbre en la evaluación pos-liberación. Por esto, es evidente monitorear a todos los animales que se liberan para así identificar y tomar acciones ante potenciales impactos negativos sobre el bienestar y salud de los ejemplares liberados, la fauna local y el ecosistema.

Proyectos traslocación de fauna

Como se mencionó en la sección anterior, la traslocación de animales, es decir la movilización intencional de un lugar a otro dentro de su rango de distribución natural de la fauna, tiene componentes similares al diseño de los trabajos de rehabilitación y liberación de fauna decomisada.

Las condiciones de la traslocación son muy variables y dependientes de la especie; pues el uso de hábitat y refugios, el comportamiento alimenticio, el comportamiento social y la sensibilidad a ser predado son supremamente importantes para los animales que se ubican en un territorio desconocido y en el que podrían encontrar alta competencia. Adicionalmente, en traslocaciones de grandes distancias la exposición a parásitos desconocidos podrá tener impacto en los animales.

La literatura es amplia en experiencias positivas y negativas en la traslocación de diversas especies silvestres; así como en lineamientos y protocolos generales y detallados. Para los autores, la traslocación de primates representa un alto interés para Latinoamérica, pues además de compartir una gran cantidad de zoonosis con los seres humanos, lo que los hace susceptibles de contaminarse con patógenos por el contacto con humanos antes, durante y después de la liberación; la naturaleza de las relaciones sociales que las especies de este Orden muestran, hacen que su traslocación sea un proceso complejo.

Tabla 15. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 2

Center for Disease Control and Prevention. (USA).	www.cdc.gov
Organización Mundial de la salud.	www.who.org
Asociación para la Biología de la Conservación	www.conservationbiology.org
Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre.	www.wildlifesociety.org
Organización Mundial de la Salud Animal.	www.oie.org
Cmap Tools. Herramienta para la construcción de mapas conceptuales.	http://cmap.ihmc.us/
Herramienta para construir mapas conceptuales.	http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page
Programa Vensim.	www.vensim.com
Invasive Species Specialist Group, IUCN.	http://www.issg.org/events_resources.htm

Capítulo 3

EL HÁBITAT

El lugar que ocupa y utiliza la especie

LA SALUD Y EL ESTUDIO DEL HÁBITAT

El hábitat se define como el conjunto de factores ambientales que permiten que un animal o planta viva y se reproduzca, por lo que las diferencias de requerimientos de hábitat entre las especies les permite coexistir en un lugar geográfico (Lindemayer & Fischer, 2006).

La integración del estudio del hábitat en la salud no es novedoso, ya que la misma triada epidemiológica muestra la importancia de los factores ambientales en la dinámica de los agentes y los huéspedes, y por tanto en la presentación de enfermedades (Figura 25). La epidemiología tiene foco de interés en la salud del huésped (población humana y/o animal) y desde este punto de vista se aproxima al parásito y el ecosistema. Por su parte, la salud de la fauna tal y como se propone la investigación y la práctica en el presente libro, tiene como objetivo el bienestar y la con-

servación de los animales silvestres, las comunidades y sus ecosistemas y por ende, se enfoca en los elementos y relaciones estructurales, funcionales y actividad antropogénica que determinan su integridad, productividad y resiliencia. Es decir, el ambiente (hábitat) no es visto solamente como un factor sino como un objetivo de estudio, lo que explica porqué las disciplinas y subdisciplinas de la ecología y la biología se constituyen con las de la medicina veterinaria, zootecnia y etología, en los conocimientos esenciales de la salud de la fauna y sus ecosistemas en conjunto con los saberes tradicionales locales.

Las ciencias ambientales son elementos de la salud de la fauna fundamentales para entender el hábitat, como lo es la geología que contribuye enormemente a la comprensión de los factores geológicos que influyen en el bienestar de los animales y el ser humano, y más aun con la creación de la reciente disciplina denominada medicina geológica (Bunnell, 2004; Komatina, 2004)

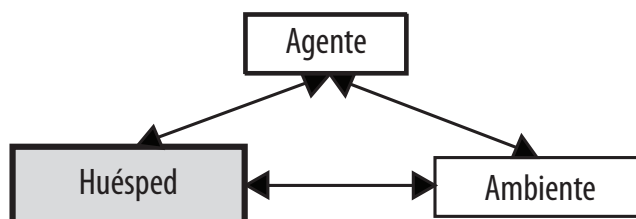


Figura 25. Triada epidemiológica básica que representa el estado de salud como el equilibrio entre el huésped, agente y ambiente: por lo general, hay sesgo debido a que el huésped es el foco del interés.

y la climatografía que estudia la relación de los elementos climáticos en la dinámica y bienestar de las comunidades animales, incluyendo las parasitarias, y aún con más fuerza en la actualidad debido a los fenómenos climáticos globales, regionales y locales.

En los capítulos anteriores se presentó documentación suficiente que demuestra la necesidad de abordar el estudio de la fauna incluyendo elementos de su hábitat. Se hizo énfasis en la pertinencia de entender al agente parasitario y el huésped como partes del conjunto biótico y por tanto, de identificar su papel ecológico dentro de la estructura y funcionamiento de todo el sistema. Así, los elementos que influyan en la salud del hábitat repercutirán en la salud animal, pero en su evaluación es necesario considerar que la magnitud y direccionalidad del efecto podrá ser variable. Por otra parte, se espera que los disturbios en un organismo o población de parásitos o huéspedes sean absorbidos por el sistema hasta que se llegue al umbral de resistencia ecosistémico, después de lo cual podrían observarse signos, aunque la direccionalidad y magnitud del efecto también podrá variar. En ambos casos, es posible relacionar los efectos esperados con el estado de la estructura, funciones y grado de intervención antrópica del ecosistema. Por lo tanto, para indicar las relaciones de los componentes del conjunto biótico y abiótico del ecosistema puede hacerse una triada epidemiológica de acuerdo con la Figura 26. Se espera que esta visualización contribuya a enfatizar en la pertinencia práctica de organizar el estudio de la salud de la fauna en los niveles animal, población/comunidad y ecosistema. También, no se duda que sirve para ilustrar la utilidad de diagramas como estos para identificar los elementos y relaciones y así, para generar hipótesis aplicadas en la aproximación a la salud de la fauna en un lugar.

La triada se organiza en tres elementos fundamentales que componen el ecosistema: la fau-

na, los parásitos y los componentes abióticos/ otros componentes bióticos, como las plantas. Estos presentan relaciones que estarían definiendo la abundancia y distribución de todas las comunidades y la probabilidad de contacto entre parásitos, vectores y huéspedes competentes. La abundancia y distribución espacial de todas, incluyendo aquellas especies que actúan como vectores, están influenciadas por los ciclos fenológicos e hidrológicos del ecosistema; que no sólo están determinando la capacidad real de carga (la máxima restricción ocurre generalmente en las épocas de escases de alimento), sino también las dinámicas poblacionales de la fauna y las dinámicas de los micro y macroparásitos. Estos ciclos también tienen efecto en la circulación de partículas de sustancias en el bosque, pues se aumenta su movimiento al inicio de las lluvias por escorrentía, remoción de tierras superficiales y aceleramiento de los procesos vegetales.

En el neotrópico durante la sequía o la inundación se estimula la competencia intra e interespecífica, al disminuirse y restringirse los recursos como alimento, espacio, refugios, etc., situación que junto con la presentación de condiciones más extremas de temperatura, humedad y radiación; predispone y desencadena estados de estrés en los animales contribuyendo a la manifestación de eventos de morbilidad y mortalidad. Debido a que los ciclos fenológicos del bosque responden a fenómenos meteorológicos y climáticos, se espera entonces que cambios en el clima tengan impacto en la salud de las poblaciones animales (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, 2007), lo que tendría que ser medible.

La relación coevolutiva entre los huéspedes y los parásitos tendría también alta importancia en la regulación de la abundancia, densidad y distribución de las poblaciones animales en el ecosistema y por ende, en la evolución y estado de la estructura de las comunidades, la presión sobre el bosque y las dinámicas del flujo y uso de

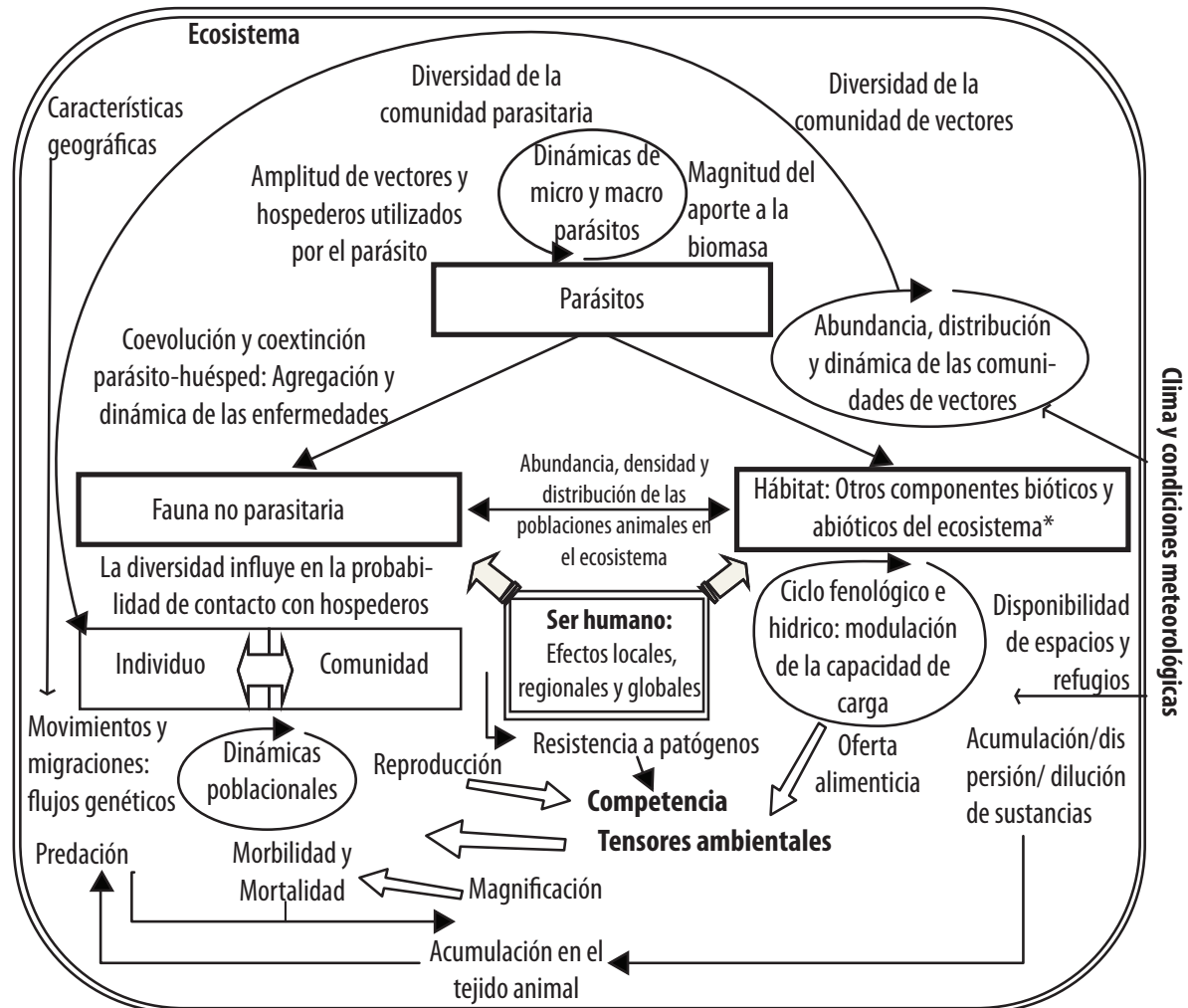


Figura 26. Visualización de la triada epidemiológica desde el punto de vista de la salud de la fauna y sus ecosistemas. Aunque el foco de interés es la fauna, ésta se visualiza como componente del ecosistema.

(*) Los otros componentes bióticos se refieren a todos aquellos organismos que no sean considerados fauna y/o que no sean especies parásitas de los vertebrados.

energía. En ecosistemas con mayor biodiversidad habrá menor probabilidad de contacto si el parásito es especialista (efecto de dilución) (Keesing *et al.*, 2010; Ostfeld & Keesing, 2000); sin embargo, el efecto podría ser impredecible e inclusive opuesto, en lugares pequeños cuando el parásito tiene amplitud de hospederos y vectores, por lo que podrían darse las condiciones de una trampa ecológica. Desde este punto de vista es interesante, que la extinción de una especie de fauna en un

ecosistema conllevará la coextinción de aquellos parásitos que obligatoriamente cumplan un ciclo en ésta (Kuenzi, Morrison, Madhav, & Mills, 2007). Entonces, mediciones y comparaciones espaciales y temporales de variables como abundancia y dominancia de una especie, o el estudio de su distribución espacial y/o temporal dentro de una matriz en un lugar, podrían beneficiarse profundamente si se relacionan con mediciones de los parásitos que se les asocian.

Las actividades antropogénicas locales producen disturbios en los procesos ecosistémicos de varias maneras, muchos de los cuales son ampliamente estudiados y bien fundamentados en la literatura. Estas pueden presionar directamente a las poblaciones y comunidades de la fauna, inclusive mediante acciones en el ambiente que podrían pasar desapercibidas, como lo puede mostrar el ejemplo del ruido que se trató en el capítulo anterior. En otras palabras, cuando se realice el esquema inicial del estudio y se definan las hipótesis de los factores ambientales prioritarios; por ejemplo, si se registra alto ruido antropogénico, hay que ponderarlo entre las variables que hay que evaluar. No hacerlo, como en este caso ocurre con frecuencia, significa que el resultado tendría un alto sesgo y por lo tanto, el alcance de las acciones de manejo sería incierto.

La acción puede ser directa sobre el hábitat con afectación de la capacidad de carga mediante el disturbio de fuentes alimenticias, refugios, dinámicas hídricas, creación de barreras, alteración de los espacios, etc. Los potenciales efectos de la fragmentación del bosque en la salud de la fauna tienen que ser estudiados, pues está se relaciona con la alteración de las dinámicas poblacionales de movilización, migración y reproducción con consecuencias negativas en el flujo genético y por tanto, en la capacidad de respuesta de las especies a las enfermedades.

En consecuencia, es recomendable cuando se está planeado el estudio disponer de la información geográfica del lugar, así ésta no sea precisa y detallada en ese momento, para identificar en un gráfico general la localización de la infraestructura y naturaleza de las acciones humanas. Si a esta información se le atribuye a manera de hipótesis potenciales efectos sobre el hábitat y los animales, se podrá entonces identificar las variables más relevantes de medición.

El disturbio antropogénico puede también influir en las comunidades de micro y macroparásitos en el ecosistema mediante efectos locales, regionales y globales (Chapman, Gillespie, & Goldberg, 2005). Por ejemplo, es importante considerar en lugares con ecoturismo y/o cacería el incremento de contacto de los seres humanos con los animales puede derivar en la transmisión de parásitos a los animales. También la deforestación se ha asociado a la emersión de enfermedades parasitarias en Latinoamérica, como lo son los casos de dengue, enfermedad de chagas, hantavirus, leishmaniasis malaria, y hantavirus (Patz, Graczyk, Geller, & Vittor, 2000). Inclusive se ha demostrado que la fragmentación puede favorecer la transmisión de parásitos entre seres humanos, animales domésticos y fauna silvestre [ver por ejemplo, Goldberg *et al.* (2008)]. Por lo tanto, podría pensarse que en los bosques neotropicales fragmentados con alta afluencia de personas, el monitoreo de parásitos zoonóticos podría dar información temprana sobre el hábitat.

Es evidente entonces, y de acuerdo con el capítulo segundo, que el interesado en la fauna no puede practicar la salud considerando únicamente a las poblaciones silvestres como si éstas fueran un objeto de estudio aislado. Los días en los que se veía al biólogo, ecólogo o veterinario dedicado a las especies silvestres como alguien exótico al otro lado de la cerca o la tapia, deben estar contados. El practicante de la salud de la fauna moderno tiene que trabajar con diferentes sectores, entender las expectativas de los productores y el gobierno, evaluar el impacto de las políticas de desarrollo socioeconómico, de salud animal y salud pública, y medir los verdaderos alcances de las propuestas e iniciativas ecológicas o sostenibles. La fauna es la receptora final de la presión antrópica, es el último eslabón de la cadena que la hace sensible a todos aquellos factores que influyen sobre el ecosistema.

CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA LOCAL SOBRE LA FAUNA Y SUS ECOSISTEMAS

En el primer capítulo se trató cómo las actividades antropogénicas en el planeta amenazan la salud y conservación de la fauna. El entendimiento y evaluación de los efectos del ser humano sobre las especies y los ecosistemas son prioritarios, por lo que lógicamente dentro del diseño del estudio de la salud de la fauna debe identificarse el uso directo del bosque al nivel local (por ejemplo, tala, extracción de madera y animales, recreación), las actividades que generan competencia por los recursos (por ejemplo: ganadería y agricultura) y aquellas que indirectamente afectan los procesos (por ejemplo: uso de sustancias tóxicas, disposición de residuos y aguas grises). También, en la práctica con frecuencia la evaluación de la salud responde a la planeación y manejo ambiental de proyectos a gran escala que conllevan la modificación del paisaje y la alteración dramática de los procesos y servicios; como por ejemplo, lo son los hidroeléctricos, mineros, petroleros y la construcción de vías y líneas eléctricas. Sin embargo, las causas y efectos de la presión antropogénica sobre la fauna y el hábitat son diversos y variables, algunos son evidentes y fáciles de diagnosticar en un corto plazo, pero otros pueden presentarse sutilmente, aparecer a mediano y largo plazo, y por tanto ser más difíciles de identificar y evaluar. Entonces, la definición de indicadores de medición de la actividad antropogénica que sean suficientemente claros e independientes, es de suma importancia para el estudio de la salud de la fauna.

En el análisis de las relaciones humanas-ecosistema es importante revisar la información existente y tratar de entender el estado y los cambios (si han ocurrido) del sistema a través del tiempo. Para esto, es útil la revisión de imágenes históricas y de estudios realizados anteriormente. Los trabajos de impacto ambiental y los planes de mane-

jo ambiental (PMA) y de ordenamiento territorial (POT) pueden ofrecer, no solamente información base, sino también importantes datos sobre el uso proyectado al futuro. También la revisión de las políticas socioeconómicas locales (municipales), departamentales (gubernaciones), nacionales e internacionales es esencial para entender el uso que se le da y/o podría dársele al lugar. Por ejemplo, las políticas de la revolución verde extendieron en Latinoamérica el uso de tecnologías agrícolas con base en monocultivos y utilización de pesticidas con efectos ambientales y sociales discutibles y la más reciente agroindustrialización conlleva la introducción de semillas transgénicas y biotecnologías con impactos impredecibles (Davis, 2003; Reardon & Barrett, 2000).

En la actualidad la siembra de cultivos para la producción de biocombustibles ha generado un gran boom que ha influido en el uso de la tierra, siendo el efecto más grande en Brasil. En Colombia, la agroindustrialización y siembra de caña de azúcar para biocombustibles ha hecho que el uso de la tierra haya cambiado en varias partes del país, como en los Llanos orientales, una zona tradicionalmente dedicada a la ganadería extensiva que ha reconvertido el uso del terreno en siembras intensivas de caña de azúcar y de cultivos permanentes como acacia (*Acacia magnum*) y pino (*Pinus sp.*) y con la introducción de grandes estructuras agrícolas, mecanización de las tierras e intensificación de la demanda de agua (Figura 27). Observaciones personales muestran un impacto grande en el paisaje y sobre los cursos de aguas.

Aproximación a las actividades humanas y el uso de los ecosistemas

La presión sobre el bosque y por tanto sobre la fauna, puede darse de diversas maneras por lo que los indicadores de medición deben corresponder a las problemáticas que se identifiquen localmente. De todas formas y de acuerdo con la Figura 4, el entendimiento de la situación requiere



Figura 27. Transformación de sabanas de los Llanos Orientales de Colombia por áreas de cultivos permanentes y transitorios.

del identificación de las necesidades de las comunidades humanas, las que se relacionan profundamente con sus expectativas, valores y alternativas económicas; que a su vez moldearan las actividades que se desarrollen y la forma como estas influyen en la fauna, bien sea de manera directa (por ejemplo, cacería) o indirecta (utilización y disposición de las aguas).

Latinoamérica presenta índices de pobreza alarmantes en varios países, problema que es acentuado en las zonas rurales; en consecuencia, la deforestación para el establecimiento de potreros o cultivos, la extracción de madera del bosque y la cacería de subsistencia o por lucro (principalmente para la venta de animales vivos o carne), son alternativas de ingreso para poblaciones con pocas posibilidades localizadas en muchos lugares de la región. Se recomienda entonces, obtener la información al nivel municipal para dimensionar y cualificar la situación local e identificar las expectativas de desarrollo social y uso ambiental que se tienen. Varias instituciones tienen datos que actualizan con frecuencia e inclusive las al-

caldías de algunos municipios tienen documentos de acceso público.

En este orden de ideas, se puede decir que hay un avance muy grande en los sistemas de información en diversos sectores, muchos disponibles en Internet, lo que facilita la labor de los investigadores y les da oportunidad de acceso a datos de manera permanente que pueden integrar a sus observaciones de campo. Por lo tanto, son diversos y dinámicos los sitios para buscar información por lo que se recomienda estar pendiente de actualización, novedades y cambios, pero de todas formas es vital como se mencionó en los capítulos anteriores, el tener precaución con las fuentes que se utilizan. En el caso Colombiano, se recomienda revisar la información de indicadores demográficos, económicos, sociales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (www.dane.gov.co) y la referente a planes, políticas, programas y marco normativo para el desarrollo en el Departamento Nacional de Planeación (www.dnp.gov.co). En otros países de la región se podrá buscar información similar

en los institutos nacionales, pero cuando se requieran datos y análisis al nivel Latinoamericano, se puede remitir entre otros, a la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA).

En el área rural es particularmente importante conocer los sistemas de producción agropecuaria predominantes en la localidad y si es el caso, la existencia de explotaciones mineras y la construcción de grandes infraestructuras como hidroeléctricas. En referencia al sector ambiental, en Colombia se puede consultar el Sistema de Información Ambiental de Colombia (www.siac.gov.co) que integra la información de varias instituciones y para el caso específico de la biodiversidad, el Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SIB) coordinado por el Instituto Alexander von Humboldt.

La FAO dispone de bases de datos y documentación sobre el sector agropecuario y la alimentación al nivel mundial, con posibilidades de consulta por país o región sobre la producción agrícola y ganadera, nutrición, pesquería, bosques y forestería, ayuda alimentaria y uso de agua, suelos y tierras. Otros lugares para consulta son el Sistema de Información Agropecuaria (SIA-GRO) desarrollado por la CEPAL, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: INFOAGRO.NET, Consultative Group on International Agricultural Research (CGUIAR) y Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation ACP-EU (CTA). También, se pueden consultar los sistemas de información bibliográfica latinoamericana, como por ejemplo el Sistema de Información y Documentación Agrícola de América Latina y el Caribe (SIDALC) desarrollado por IICA/CATIE. Al nivel nacional, los países latinoamericanos han

Tabla 16. Sistemas oficiales de información agropecuaria de algunos países latinoamericanos.

País	Sistema
Argentina	Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca: Programa de Servicios Agrícolas Provinciales.
Bolivia	Sistema de Información y Seguimiento a la Producción y Precios de los Productos Agropecuarios en los Mercados (SISPAM), Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.
Brasil	Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), EMBRAPA. El Ministério de Agricultura y el Ministério do Desenvolvimento Agrário tienen sistemas de información especializados en diversas temáticas agropecuarias y de uso de tierras.
Chile	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura.
Colombia	Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario (AGRONET Colombia), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
Costa Rica	Sistema de Información Agropecuario Costarricense (INFOAGRO).
Cuba	Red de salud de Cuba (Infomed).
Ecuador	Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
Guyana	Guyana's Agricultural Information Network, Ministry of Agriculture.
Honduras	INFOAGRO – Secretaría de Agricultura y Ganadería.
México	Sistema de Información Integral Agroalimentaria y Pesquera – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
Nicaragua	Sistemas de Información Agropecuaria y Forestal (SI-AGROFOR), Ministerio Agropecuario y Forestal.
Panamá	Red del campo, acuerdo de Cooperación entre CIDES, FCDS, Ministerio de Desarrollo Agropecuario y FAO.
Paraguay	Dirección de Censo y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), Ministerio de Agricultura y Ganadería.
Perú	Herramientas de información, Ministerio de Agricultura.
Uruguay	Estadísticas Agropecuarias (DIEA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

venido desarrollando, con alcances y avances heterogéneos, bases de datos nacionales sobre la agricultura y uso de tierras (Tabla 16).

Para entender las necesidades de las comunidades humanas en un país, región o localidad puede mirarse los indicadores de bienestar social, los cuales incluyen equidad, autosuficiencia, salud, cohesión social y contexto social (Organisation for Economic Co-operation and Development OCDE, 2002); la base de datos de la OECD se puede consultar en <http://www.oecd.org>. El PNUD generó el Índice de Desarrollo Humano (IDH) que es un indicador por país compuesto por los elementos: longevidad, nivel de educación y nivel de vida.

Adicionalmente, el PNUD elabora el Índice de pobreza multidimensional (IPM), que desde 2010 reemplazó a los índices de pobreza humana (para ver los índices sobre desarrollo humano remitirse a <http://hdr.undp.org/es/estadisticas/>). De todas formas y como se dijo anteriormente, una muy buena aproximación para entender las expectativas de la comunidad sobre la fauna y los ecosistemas es generando campos participativos. La literatura es amplia sobre metodologías participativas en diferentes contextos; ver por ejemplo, Chambers (1994); Rubio-Torgler *et al.* (2000); S. J. Taylor & Bogdan (1984).

Identificación de los planes de organización territorial y planes de manejo ambiental locales

El siguiente texto de la normatividad colombiana es útil para entender el concepto del ordenamiento territorial *“El ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la Constitución y las leyes, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el*

desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales” [artículo 5 de la ley 388 de la República de Colombia (1997)].

Los planes de ordenamiento territorial (POT) se constituyen en el marco para las acciones de desarrollo y explotación de áreas urbanas y rurales, debido a lo cual es necesario que en el estudio de salud de la fauna se documente sobre su existencia en la localidad; pues además de proveer información importante, son definitivos para el entendimiento de la presión de las actividades antrópicas sobre el ecosistema. Aunque el nombre con el que se denomina a los planes de ordenamiento puede variar en los países, en la Región en general estos son vistos como herramientas de desarrollo sostenible e inclusive para la conservación de la biodiversidad (IGAC/IAvH, 2006; Pereira Nunes, 2004). Desde esta perspectiva, el conocimiento que resulte de los estudios de la salud de la fauna podrá dar importantes insumos para la planificación y toma de acciones en coherencia con las políticas y propuesta de progreso socioeconómico, al evaluar el efecto de la intervención antrópica en los ecosistemas en diferentes etapas de la formulación, ejecución y control. Esto sin embargo, requiere del entendimiento de los elementos y relaciones de las acciones humanas con la fauna y los ecosistemas para cuestionar la relevancia que cada actividad podría conllevar para el lugar (Figura 28).

Se reitera en este momento que el investigador y el practicante de la salud tiene el deber ético de clarificar la sensibilidad y por tanto de los alcances de los métodos que se utilizan en la evaluación de los impactos; puesto que en este punto es necesario llamar la atención de la alarmante frecuencia con que se toman decisiones sobre el uso de recursos naturales en lugares de alto impacto, con poca información disponible o

simplemente subestimando las relaciones entre los diferentes componentes de ecosistema, sobre todo aquellos concernientes al bienestar animal en vida silvestre y los relacionados con dinámicas de enfermedades. Por lo tanto, los investigadores en la salud de la fauna deben llamar la atención para incluir el análisis del impacto ambiental de las actividades de ordenamiento territorial que contemplen indicadores al nivel del bienestar y salud del animal, las poblaciones y comunidades animales y las relaciones con la estructura y funcionalidad del ecosistema.

La información que se ha venido presentando demuestra la necesidad de la aplicación del vínculo de la salud animal, humana y de los ecosistemas, para poder aproximarse de manera compleja y con sensibilidad suficiente a la salud de la fauna. Por lo tanto, es altamente aconsejable que el practicante de la salud de la fauna se mantenga actualizado de la situación local, regional y global de las políticas y programas de salud animal y

pública, de eventos y emersión de enfermedades en animales y humanos y del descubrimiento de nuevos patógenos. Hay diversas fuentes de información que pueden ser consultadas, incluyendo sitios oficiales, bases de datos, sitios privados, institutos de investigación, universidades, revistas técnicas y científicas, etc.

Identificación de programas de salud animal y salud pública

En lo referente a vigilancia y control se recomienda dar prioridad a la información proveniente de instituciones nacionales y organismos multinacionales oficiales y si es el caso, a revistas científicas homologadas internacionalmente. En la Tabla 17 se muestran las fuentes de consulta más importantes sobre salud humana y animales a nivel regional y mundial. Al nivel local, es recomendable crear vínculos con las autoridades sanitarias, agropecuarias y ambientales para identificar las necesidades focales e intereses comunes

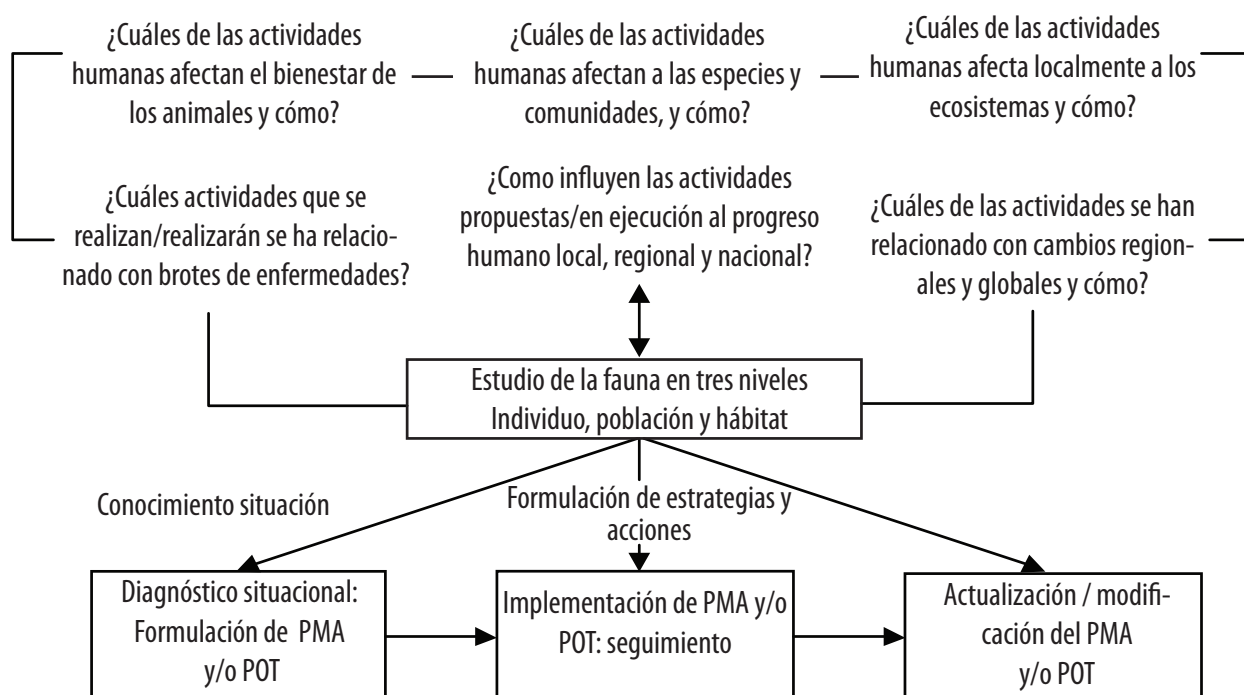


Figura 28. Aplicación del estudio de la fauna en tres niveles en la implementación de los planes de ordenamiento territorial y manejo ambiental

Tabla 17. Algunas entidades que tienen información sobre la salud animal y pública en Latinoamérica.

Entidad	Naturaleza	Área o sector	Cobertura	Localización
Organización Mundial de la Salud (OMS)	Organismo internacional	Salud humana y pública	Global	Ginebra. Acceso Internet www.oms.org
Organización Mundial de la Salud Animal (OIE)	Organismo internacional	Salud animal	Global	París. Acceso Internet www.oie.org
FAO	Organismo internacional	Sector agropecuario y la alimentación	Global	Roma. www.fao.org
Organización Panamericana de la Salud (OPS/PAHO).	Organismo internacional	Salud pública	Américas	Washington. Acceso Internet www.paho.org
Center for Disease Control and Prevention	Institución del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos.	Salud humana	Estados Unidos; tiene un centro para la salud global.	Atlanta. www.cdc.gov
International Society for Infectious Diseases, Promed Mail	Organización privada. Promed Mail reporta eventos en plantas, animales y humanos	Enfermedades emergentes infecciosas y toxinas	Global. Tiene el sistema global de reporte electrónico de brotes de enfermedad Promed Mail	www.promedmail.org
Health Map Team con el apoyo de varios organismos internacionales.	Organización privada. Health Map es un mapa mundial de alertas epidémicas	Enfermedades emergentes infecciosas	Global	www.healthmap.org
National Biological Information Infrastructure (NBII). Este es administrado por la Oficina de Información Biológica de USGS	Servicio de información de Estados Unidos.	Reporte de eventos enfermedades vida silvestre	Estados Unidos, Tiene el Nodo de Información de enfermedades de Vida Silvestre a nivel global	Reston (Virginia). wildlifedisease.nbi.gov
Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Argentina	Buenos Aires. www.cenasa.gov.ar
Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG)	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Bolivia	La Paz. www.sanasag.gob.bo
Agência Nacional de Vigilância Sanitária	Autoridad nacional	Salud pública	Brasil	Brasilia. websphere.anvisa.gov.br
Instituto Adolfo Lutz	Institución científica de referencia y vigilancia	Salud pública	Brasil	Sao Pablo. www.ial.sp.gov.br
Servicio agrícola y ganadero de Chile	Autoridad nacional	Sanidad animal	Chile	Santiago. www.sag.cl
Instituto de Salud pública de Chile	Autoridad nacional	Salud pública	Chile	Santiago. www.ispch.cl
Instituto Colombiano Agropecuario	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Colombia	Bogotá. www.ica.gov.co
Instituto Nacional de Salud	Autoridad nacional	Salud pública	Colombia	Bogotá. www.ins.gov.co
Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA)	Autoridad Nacional	Sanidad animal y vegetal	Costa Rica	Heredia. www.cenasa.go.cr
Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK)	Institución científica de referencia y vigilancia	Salud pública: enfermedades transmisibles	Cuba	La Habana. www.ipk.sld.cu

Entidad	Naturaleza	Área o sector	Cobertura	Localización
Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad)	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Ecuador	Quito. www.agrocalidad.gov.ec
Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Cuba	La Habana. www.censa.edu.cu
Instituto Nacional de Salud	Autoridad nacional	Salud pública	Perú	Lima. www.ins.gob.pe
Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA)	Autoridad nacional	Salud pública	Perú	Lima. www.senasa.gob.pe
Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI)	Autoridad nacional	Sanidad animal y vegetal	Venezuela	Caracas. www.insai.gob.ve

y así, tener un panorama amplio que permita visualizar el estudio con elementos suficientemente sensibles para determinar la situación en el lugar y momento. También, permitirá identificar aspectos relevantes que podrán ser útiles para generación de acciones y la toma de decisiones del manejo sanitario y ambiental de la localidad.

ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HÁBITAT

Las personas dedicadas a la biología y ecología vegetal podrán pensar que el estudio de la estructura y características del bosque es amplio y complejo para ser tratado de manera simple como se plantea en este libro. Tienen razón. Aquí no se tratará sobre este conocimiento, sus metodologías y alcances; sino sobre su relación con la salud de la fauna y cómo aprovecharlo para el estudio en tres niveles.

Los equipos y las técnicas para la colección, registro y análisis de datos aplicables a los objetivos del estudio de la salud de la fauna están bien descritos en la literatura [para consulta de una guía práctica, ver por ejemplo a Brower *et al.* (1998)]. De todas formas, este momento es importante para demostrar el significado de la inter y transdisciplinariedad en el estudio de la fauna, pues difícilmente se podría esperar que una sola

disciplina pueda comprender la complejidad del conocimiento que este involucra. Sin embargo, podría quedar la sensación entonces de que el estudio en tres niveles es poco práctico y oneroso, pero no es así; pues éste se basa en la comprensión compleja trasdisciplinaria durante la planeación para identificar y ponderar las variables del hábitat relevantes que pueden ser relacionadas con el estado de la fauna, para finalmente seleccionar e implementar aquellas más eficientes para el cumplimiento de los objetivos.

Esto lógicamente comprende el análisis de costo vs beneficio, estructura y experiencia para su aplicación, requerimientos normativos (que pueden influir enormemente en la aplicación de metodologías en algunos países), consenso ético, bioseguridad, etc.

La primera aproximación al hábitat en el estudio de la fauna consiste en realizar la clasificación general de los patrones espaciales y la composición del paisaje; que consiste en hacer la descripción de los tipos de cobertura.

El nivel de resolución de los datos dependerá del detalle que se considere necesario para el cumplimiento de los objetivos de estudio; pero se recomienda que éste sea el mínimo posible y suficiente para identificar las variables y relaciones que prueben las hipótesis sobre el estado de la salud de la fauna en el lugar. Los descriptores del paisaje incluyen heterogeneidad entendida

como la diversidad de tipos de cobertura en el área, fragmentación que describe el grado de aislamiento o segmentación, y contagio que mide el grado total de agrupamiento en el paisaje. Para el estudio de la salud de la fauna pueden interesar los descriptores relativos, borde, interior y conectividad. La utilización de los índices de medición de estos parámetros que se seleccionen dependerá de la resolución y escala de análisis deseadas.

La profundidad y por tanto, el tipo de estudio que se realice sobre el hábitat dependen del diagnóstico que se busque hacer sobre la fauna, de las especies animales objeto de estudio, y/o de la problemática a la que se está enfrentando. Por ejemplo, al considerar el bienestar animal, las preguntas formuladas en la Tabla 8 podrán ser indicadoras de algunas necesidades de información y por ende, de las variables que se van a medir y la forma como

se relacionarán: disponibilidad, localización y calidad de las fuentes de agua a través de todo el año, fuentes alimenticias en el año que involucra ciclos fenológicos del bosque, identificación y medición de fuentes de iluminación artificial y ruido, conectividad, tamaño y degradación del bosque, presencia de corredores utilizados por los animales, etc.

En la Figura 29 se muestra cómo se pueden organizar las relaciones de esos elementos con el bienestar animal, a partir de la forma como repercuten en el acceso a refugios, agua y alimentos. Como puede verse, al iniciar las relaciones se van identificando nuevos elementos y relaciones que hacen que a medida que se avanza la red se haga más compleja y permiten inferir sobre la direccionalidad de los efectos sobre el bienestar del animal.

En ocasiones el registro cualitativo de observaciones sobre el paisaje puede ser suficiente

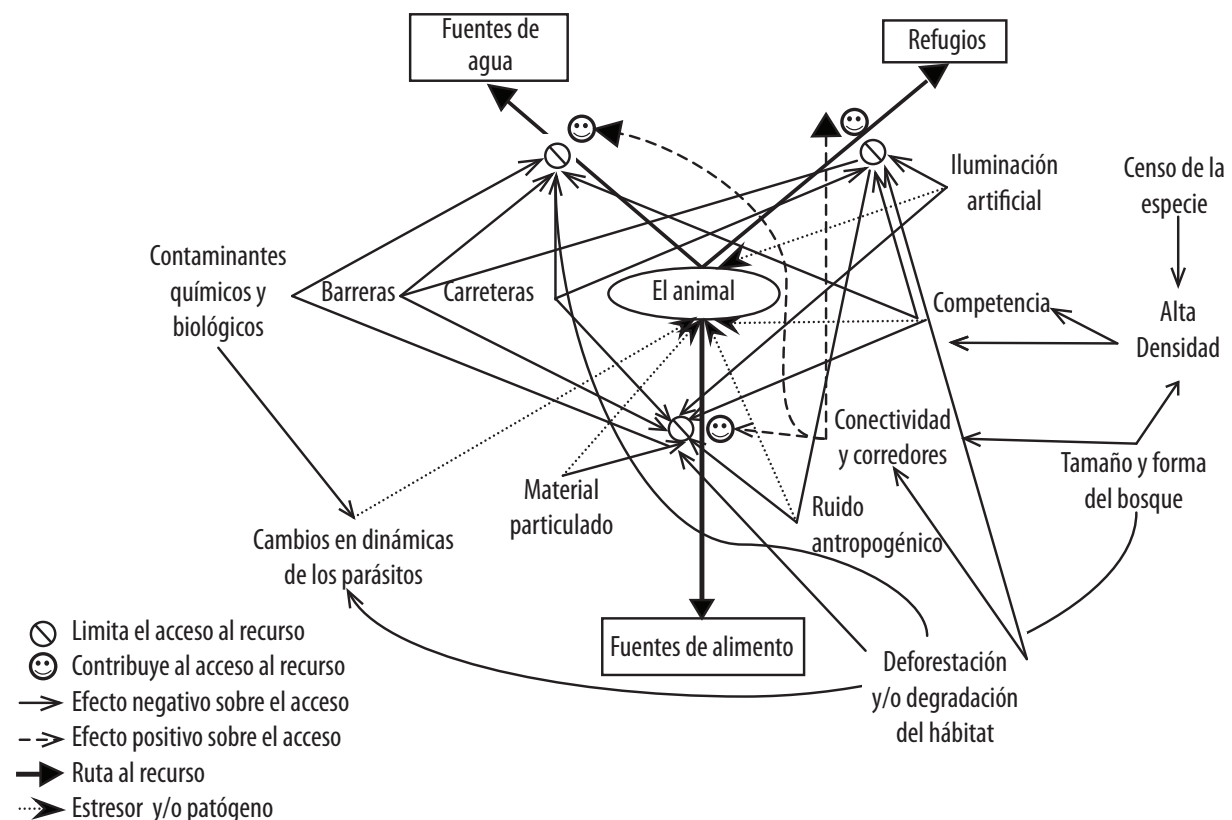


Figura 29. Variables medibles en el hábitat que influyen sobre el bienestar animal en vida silvestre, de acuerdo a las cinco libertades.

Tabla 18. Observaciones cualitativas realizadas durante dos años en un monitoreo de fauna para evaluar los efectos de la intervención humana sobre la integridad y comunicación de un parche de bosque. Fuente: Centro Araguatos.

Sitio	Año 1		Año 2	
	Integridad del hábitat	Comunicación con otros bosques	Integridad del hábitat	Comunicación
1	Efectos: M, D. Hay recuperación desde al año pasado caracterizada por el crecimiento de bordes más suaves, y vegetación secundaria dentro y alrededor del bosque. Nueva área inundada con mortalidad de arbustos.	Efectos: F. Sin embargo, hay formación de un corredor entre el parche con un bosque de galería, que disminuye el efecto de aislamiento, permitiendo la movilización de la fauna a través de una franja de rastrojo de < 5m. de altura.	Efectos: A, B, D, M. En este periodo se taló la franja de árboles altos y el crecimiento secundario que se observó en el año 1. Este ha sido reducido y alterado. Mayor área inundada con mortalidad de arbustos.	Efectos: F (total). Nuevamente el parche está aislado por la limpieza del corredor y la construcción de carretera.
2	Efectos: M, D. El bosque muestra recuperación secundaria importante, aunque sigue observándose discontinuidad del dosel. Es notable la recuperación de los bordes y la sucesión de la vegetación subxerofítica. Área inundada en el Cruce 2, con mortalidad de arbustos.	Efectos: F. Los cruces 1 y 2 son una barrera que aísla el fragmento del resto del bosque de galería. Se observa crecimiento de matorral subxerofítico que facilita el tránsito de animales a zonas más altas.	Efectos: M, D, A, B. Se taló una franja de bosque de aprox. 50 m. de ancho a todo lo largo del fragmento que involucró gran parte del interior del bosque de galería y el matorral subyacente. Área inundada en el Cruce 2, con mortalidad de arbustos.	Efectos: F. El aislamiento es mayor que en el año 1, debido a que las vías y construcciones separan el bosque de las vegetaciones adyacentes, cortando el corredor de movilización de la fauna, principalmente de grandes especies (por ejemplo, venado y jaguar, registrados anteriormente en el sector).
3	Efectos: D, B, A. Se observa la disminución de árboles de gran porte, inclusive recientemente.	El bosque no está fragmentado, a pesar que se observan caminos (que no interrumpen la continuidad del dosel).	Efectos: D, B, A. En construcción de trochas de aprox. 1 m. de ancho y caminos en varios sectores del bosque de galería y matorral. Presencia de gente trabajando.	Similar al año 1
5	Efectos: D, B, A. Por uso agropecuario. Se observan un camino y una estación de exploración minera.	El bosque no está fragmentado, aunque se observan caminos que no interrumpen la continuidad arbórea. La carretera representa la barrera más grande para el paso de la fauna.	Efectos: D, B, A. Similar a lo observado en el año 1	Similar a lo observado en el año 1
6	Efectos: D, B, A. Por uso agropecuario. No se observa intervención minera.	El bosque no está fragmentado, aunque se caminos que no interrumpen la continuidad del dosel. La carretera representa la barrera más grande para el paso de la fauna.	Efectos: D, B, A. Similar a lo observado en el año 1	Similar a lo observado en el año 1
7	Efectos: D. Ocurrió por uso agropecuario que se le dio anteriormente. Actualmente hay un proceso importante de recuperación del bosque de galería y matorral subxerofítico.	El puente de la vía se constituye en la barrera más grande que puede interrumpir el paso de la fauna terrestre.	Efectos: D. Similar a lo observado en el año 1.	Similar a lo observado en el año 1

A: reducción del ancho, B: pérdida y alteración de bordes, D: discontinuidad del dosel, F: fragmentación, M: pérdida de árboles y plantas por cambios en el curso y nivel de aguas.

para el entendimiento de las relaciones del hábitat con el animal y hacer seguimiento a través del tiempo en un lugar; para la que se pueden utilizar metodologías de fácil acceso en la actualidad y que se describen más adelante, como fotos, planos, GPS, etc. En la Tabla 18 se muestra un ejemplo de cómo la comparación de observaciones cualitativas pueden ser útiles en los monitoreos de la

salud de la fauna para hacer seguimiento en un lugar sujeto a cambios naturales (por ejemplo, ciclos fenológicos e hidrológicos) y antropogénicos. En algunos casos puede ser necesario, sobre todo en lugares en donde se espera modificaciones grandes, realizar análisis sobre la composición florística para entender el efecto sobre la fauna (ver un ejemplo de un estudio en el recuadro Caso 3.1).

Caso 3.1: CARACTERIZACIÓN Y CRITERIOS FLORÍSTICOS PARA EL CORREDOR ECOLÓGICO DE SUBA, BOGOTÁ

Beatriz Borda González & Fernando Remolina. Universidad Agraria.

Se realizó la caracterización florística rápida de la vegetación arbórea y arbustiva en el Bosque Las Mercedes, el Humedal de la Conejera, el Parque Canal La Salitrosa y el Cerro La Conejera; que conforman el Corredor Ecológico situado en la localidad de Suba, Bogotá. Se evaluó el estado de conservación del corredor ecológico, se aportaron criterios florísticos para su restauración y conexión, y se ofrecieron alternativas de conservación de fauna y flora. Para evaluar la composición florística se elaboraron transectos con áreas variables dependiendo del lugar a muestrear, topografía del terreno, accesibilidad y distribución de la vegetación (Gentry 1989, Aguilo *et al*, 1984). Se tuvieron en cuenta los diámetros a la altura del pecho (DAP) mayores de 2.5 cm., altura de individuos y el área basal ($\text{Área basal} = \pi/4 \times [\text{DAP}]^2$) para calcular: Índice de Densidad, Índice de Diversidad, Índice de frecuencia e Índice de Valor de Importancia. La información de altura y DAP se procesó con base en la siguiente fórmula de Rangel y Garzón (1994): $C = (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) / m$; en donde, $m = 1 + 3.3 (\log n)$; n = Número total de individuos; m = Número de intervalos; C = Amplitud del intervalo, y X = Parámetro a analizar (Altura ó DAP).

- Índice de Valor de Importancia (IVI): Este índice permite comparar submuestras en este caso de 0.1 ha (10 subparcelas de 100 m² cada una) ; $\text{IVI} = \text{Densidad relativa \%} + \text{Frecuencia relativa \%} + \text{Dominancia relativa \%}$

En donde, $\text{Densidad relativa \%} = \frac{\text{Número de individuos especie} \times 100}{\text{Número total de individuos}}$

$\text{Dominancia relativa \%} = \frac{\sum \text{Área basal de los individuos de cada especie} \times 100}{\sum \text{Área basal total}}$

Se determina la Frecuencia = $\frac{\text{Número de subunidades muestrales donde aparece la especie}}{\text{Número total de subunidades muestrales}}$

Para calcular, la Frecuencia relativa% = $\frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\sum \text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100$

- Índice de Densidad: Se define como el número de individuos por área de muestreo $\times 10^3$. Se utiliza con los datos de las especies mayores de 2.5 DAP y permite comparar los resultados de inventarios provenientes de localidades diferentes.

- Índice de Diversidad: El índice de diversidad para individuos con DAP >2.5 cm. En 0.1 ha de muestreo se calculó así:

- Índice Relativo de Diversidad Específica: Da una idea de la riqueza por metro cuadrado y permite comparar inventarios de diferentes tamaños, su fórmula es

$$= \frac{\text{Número de especies}}{\text{Superficie en m}^2} \times 10^3$$

-Índice de Shanon-Wiener (H'): Este índice combina la riqueza de especies con la uniformidad. Se usa mucho en Ecología por ser independiente del tamaño de la muestra y requiere pocos muestreos para obtener valores seguros. Se define como:

$$H' = -\sum (N_i/N) \times \ln N_i/N; N_i = \text{Número de individuos por especie}, N = \text{Número total de individuos}$$

Resultados

Caracterización y Composición Florística. El bosque relicto de las Mercedes está conformado por los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo, bejucos y epífitos. En el estrato arbóreo predomina el arrayán (*Myrcianthes leucoxylla*) que alcanza un DAP de 60 cm, aunque su población se encuentra disminuida sensiblemente; codomina con el Té de Bogotá (*Symplocos bogotensis*) y el Raque (*Vallea stipularis*). En el estrato de subordinados se encuentran *Solanum* cf. *arboreum*, y el tabaquillo (*Verbesina crassiramea*), plantas pioneras que una vez alcanzan su madurez mueren y prefieren las posiciones marginales o riparias, y el Garrocho (*Viburnum tinoides*). Este bosque fue ayudado mediante una revegetalización y aparecen como elementos advenedizos en el estrato arbóreo, el Sauco (*Sambucus nigricans*), el Cerezo (*Prunus serotina*), el Aliso (*Alnus acuminata*) y en el estrato herbáceo, el Mirto (*Solanum pseudocapsicum*) entre otros. En el estrato bejucoso, se encuentran *Cynanchum tenellum* y la Mora (*Rubus* sp.) como los más frecuentes. En el estrato de epífitas, abundan líquenes, y musgos además de orquídeas del género *Epidendrum*, y principalmente helechos del género *Polypodium* spp. En el estrato herbáceo es frecuente *Saracha quitensis*, la cual forma consocios en lugares abiertos del bosque; la jarilla, *Stevia lucida*, *Solanum nigrum* y *Solanum* spp., son los más frecuentes en este estrato. Consociaciones secundarias de *Baccharis latifolia* con *Baccharis* cf. *bogotensis* son bien frecuentes en etapas seriales tempranas codominando por completo el paisaje y conformando especies de marañas impenetrables por la acción de las moras. Debajo de estas comunidades en ocasiones alcanza a penetrar el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) observándose un proceso de potrerización donde es frecuente encontrar *Phytolacca bogotensis* y *Muehlenbeckia tamnifolia*, creciendo junto con *Rubus* cf. *bogotensis*.

Composición florística del bosque las Mercedes

Familia	Género	Especie	Hábito	Común	Naturaleza
CAPRIFOLIACEAE	<i>Sambucus</i>	<i>nigra</i>	Árbol	Sauco	Cultivado
ELAEOCARPACEAE	<i>Vallea</i>	<i>stipularis</i>	Árbol	Raque	Nativo
MYRTACEAE	<i>Myrcianthes</i>	<i>leucoxylla</i>	Árbol	Arrayán	Nativo
ROSACEAE	<i>Prunus</i>	<i>serotina</i>	Árbol	Cerezo	Nativo
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>arboreum</i>	Árbol	n/a	Nativo
BETULACEAE	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i>	Árbol	Aliso	Cultivado
SALICACEAE	<i>Salix</i>	<i>humboldtii</i>	Árbol	Sauce	Nativo
SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos</i>	<i>theiformis</i>	Árbol	Té de Bogotá	Nativo
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>latifolia</i>	Arbolito	Chilco	Nativo
ASTERACEAE	<i>Verbesina</i>	<i>crassiramea</i>	Arbolito	Tabaquillo	Nativo
CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum</i>	<i>tinoides</i>	Arbolito	Garrocho	Nativo
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>sp.1</i>	Arbusto	Chilco	Nativo
SOLANACEAE	<i>Cestrum</i>	<i>parvifolium</i>	Arbusto	Tinto	Nativo
SOLANACEAE	<i>Saracha</i>	<i>quitensis</i>	Arbusto	n/a	Nativo
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>sp.2</i>	Arbusto	Pepo	Nativo
ASCLEPIADACEAE	<i>Cynanchum</i>	<i>tenellum</i>	Bejuco	Bejuco	Nativo
POLYGONACEAE	<i>Muehlenbeckia</i>	<i>tamnifolia</i>	Bejuco	n/a	Nativo
ROSACEAE	<i>Rubus</i>	<i>sp.</i>	Bejuco	Mora silvestre	Nativo
LOMARIOPSIDAE	<i>Elaphoglossum</i>	<i>engelii</i>	Epífita	Helecho	Nativo
ORECHIDACEAE	<i>Epidendrum</i>	<i>sp.</i>	Epífita	Paracita	Nativo
POLYPODIACEAE	<i>Polypodium</i>	<i>sp.</i>	Epífita	Helecho	Nativo
POLYPODIACEAE	<i>Polypodium</i>	<i>linguae</i>	Epífita	Helecho	Nativo
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>lucida</i>	Hierba	Jarilla	Nativo
PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca</i>	<i>bogotensis</i>	Hierba	Guaba	Nativo
PRIMULACEAE	<i>Anagallis</i>	<i>arvensis</i>	Hierba	Murajes	Nativo
RUBIACEAE	<i>Borreria</i>	<i>bogotense</i>	Hierba	n/a	Nativo
RUBIACEAE	<i>Relbunium</i>	<i>hypocarpium</i>	Hierba	n/a	Nativo
SOLANACEAE	<i>Physalis</i>	<i>peruviana</i>	Hierba	Uchuva	Nativo
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>nigrum</i>	Hierba	Yerba mora	Nativo
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>pseudocapsicum</i>	Hierba	Mirto	Introducido

Índice de Valor de Importancia de las especies del Bosque las Mercedes

Especie	Frecuencia relativa %	Dominancia relativa %	Densidad relativa%	I,V,I
<i>Baccharis cf. bogotense</i>	9,09	23,81	81,3	114,2
<i>Vallea stipularis</i>	22,73	53,65	20,17	96,55
<i>Viburnum tinoides</i>	4,55	79,4	2,29	86,24
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	13,64	38,79	4,08	56,51
<i>Baccharis latifolia</i>	4,55	1,88	41,22	47,65
<i>Verbesina crassiramea</i>	9,09	2,85	28,03	39,97
<i>Alnus acuminata</i>	4,55	8,15	23,47	36,17
<i>Solanum arboreum</i>	4,55	3,03	12,24	19,82
<i>Rubus cf. Bogotensis</i>	4,55	5,64	8,93	19,12
<i>Solanum sp.2</i>	9,09	2,72	5,04	16,85
<i>Sambucus nigricans</i>	4,55	3,76	2,04	10,35
<i>Symplocos bogotense</i>	4,55	3,76	2,04	10,35
<i>Cestrum parvifolium</i>	4,55	0,67	4,08	9,3

Las especies pioneras (*Baccharis bogotense*, *Vallea stipularis* y *Verbesina crasiramea*) son dominantes en las Mercedes, lo cual significa que el bosque es de crecimiento secundario; *Myrcianthes leucoxylla* constituye el elemento más antiguo y codominante, se puede inferir que las dos unidades corresponden a la misma comunidad fitosociológica, ya que comparten todos sus componentes. Sin embargo, en el estudio fitosociológico realizado en el bosque de las Mercedes por Forero (1965), afirma que las especies dominantes corresponden a *Weinmannia tomentosa*, *Ilex kunthiana*, *Cedrella bogotensis* y *Alnus jurullensis* y subdominantes, *Clusia*, *Rapanea guyanensis*, *Simplocos theiformis*, *Viburnum sp*, *Abatia parviflora* y *Piper bogotense*.

Índice de diversidad específica relativa por unidad de muestreo en el Bosque las Mercedes

Parcela	Índice de diversidad específica relativa	Area m ²
1	0,0004	81
2	0,0002	81
3	0,0003	162
4	0,0006	162
5	0,0002	162
Promedio	0,0003	129,6
	Area total muestreada	648

Se obtuvo un valor de índice de diversidad específica de 0,0003 para la composición arbórea y arbustiva del Bosque Las Mercedes, lo cual significa que existen en promedio 0,003 especies/m². Este valor es muy bajo comparado con 0.76 especies/m² hallado por Blanco & Rocha (2003), en el bosque del Cerro la Conejera y muy cercano al de un bosque artificial, como el obtenido para el Humedal la Conejera en este mismo trabajo, de 0,036.

Índice de Shanon-Wiener por parcela para el Bosque de las Mercedes (total 648 m² de superficie boscosa muestreados).

Parcela	Número Individuos	Índice de Shanon-Wiener	No Individuos/Total
Parcela 1	56	0,26	0,12
Parcela 2	68	0,28	0,15
Parcela 3	131	0,36	0,28
Parcela 4	98	0,33	0,21
Parcela 5	110	0,34	0,24
Número total de individuos	463		

El resultado del índice de diversidad promedio de 0,2 para el bosque las Mercedes, significa que la biodiversidad es muy baja en dicho bosque y dista mucho de los encontrados para zonas similares. Blanco & Rocha (2003), encontraron un índice de diversidad de 3,68, para el Cerro la Conejera. De otra parte Van der Hammen et al. (1998) reportaron índices de diversidad entre 2,07 y 3,08, para la zona de los cerros de Suba.

Referencias

- Aguilo, M., M. P. Aramburu, A. Blanco, T. Calatayud, R. M. Carrasco, *et al.* (1984). Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología. CEOTMA Madrid. P. 311-360.
- Blanco-Z, Rocha-P.(2003). Composición de la Flora arbórea y Arbustiva del cerro La Conejera, Suba, Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias básicas, Programa de Biología Aplicada. Tesis de grado. Bogotá.
- Forero E.(1965). Estudio fitosociológico de un bosque subclimático en el altiplano de Bogotá: Trabajo de grado. Departamento de Biología. Universidad Nacional. Bogotá.
- Gentry A. (1989). Northwest South América (Colombia, Ecuador and Perú). In D.G.Campbell and H.D. Hammond editores. Floristic Inventory of tropicals countries. Bronx. The New York Botanical Garden, NY. P. 391-400.
- Rangel O, Garzón A. (1994). Aspectos de la estructura de la diversidad y de la vegetación del parque regional de Ucumarí. CARDER. Pereira.
- Van Der Hammen T. (1998). Plan Ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR. Bogotá.

Considerando los costos y los altos recursos que involucra el trabajo de campo, en un principio se recomienda que se empleen metodologías rápidas de muestreo dirigidas a la evaluación y relación de los elementos ambientales identificados; pero en lo posible realizar varios muestreos a través del año.

En las condiciones tropicales, con frecuencia como mínimo uno se elige uno en época de lluvias y otro en época seca. Sin embargo, hay que considerar que dependiendo de los objetivos del estudio puede requerirse esfuerzos más grandes, sobre todo cuando se realizan intervenciones amplias y aceleradas sobre el hábitat, en las cuales la modificación del paisaje es evidente en corto tiempo o se sugiere amenaza directa sobre el bienestar y salud de los animales.

De todas formas, las metodologías rápidas presentan varias ventajas además de reducción de costos, como de infraestructura, organización y operación, además del hecho que no se está teniendo presencia en el hábitat de forma perma-

nente lo que de por sí conlleva varios riesgos para la bioseguridad de las poblaciones silvestres y las personas. Por otra parte, ciertos estudios requieren de intensos esfuerzos de muestreo por largos periodos de tiempo; pues en muestreos cortos se corre el riesgo de perder o subvalorar datos que pueden conllevar a errores en la obtención e interpretación de los resultados.

A manera de ejemplo, en el recuadro Caso 3.2 se presenta el trabajo de Pablo Stevenson sobre la cuantificación de la dieta de un primate en su medio natural. Este tema es especialmente interesante para llamar la atención sobre la necesidad de dimensionar los alcances de los resultados de un estudio en coherencia con las metodologías utilizadas, pues con frecuencia los trabajos sobre las dietas en vida silvestre se fundamentan en observaciones en periodos cortos que no serían suficientemente sensibles para registrar las variaciones debidas a los cambios fenológicos que ocurren durante el año y a través de los años.

Caso 3.2: COMO MEDIR LA DIETA NATURAL DE UN PRIMATE(*) Pablo R. Stevenson. Universidad de Los Andes.

Las hipótesis de estrategias óptimas de forrajeo dependen de la distribución, abundancia y energía de los diferentes ítems que consume una especie. Por lo tanto, es necesario conocer los alimentos consumidos por la población, su abundancia, distribución espacial y aporte energético. En un muestreo a corto plazo: ¿cuánto tiempo es necesario para lograr una muestra que incluya la mayoría de las especies que potencialmente los churucos pueden consumir?, ¿A partir de que tamaño de muestra no se mejora la precisión de los datos obtenidos? y, ¿Varían estos estimativos dependiendo de la época de producción de frutos? y, en un muestreo a largo plazo: ¿Cuántos años son necesarios para tener una saturación en la cantidad de especies consumida por los churucos? y, ¿Cuál es el poder de predicción de la proporción de la dieta (en tiempo) a partir de un solo año de muestreo?

Medí el comportamiento alimenticio de los churucos (*Lagothrix lagothricha lugens*) con base en muestreos continuos de animal focal. Los análisis del muestreo a corto plazo (períodos quincenales) incluyen 80 horas en época de lluvias y 104 horas en la época seca. Los análisis de muestreo a largo plazo comprenden cuatro temporadas. Durante las sesiones de muestreo estimé el tiempo de alimentación en frutos, e identifiqué la especie de planta de la cual se alimentaba, parámetros como DAP, número máximo de individuos alimentándose al tiempo, ocurrencia de agresiones, y estado de madurez de los frutos. Durante los dos últimos años de muestreo tomé datos de tasas de alimentación para diferentes especies vegetales. Complementé estos datos con información tomada de observaciones de frugivoría durante la época de abundancia de frutos. Durante los dos últimos años tomé información morfológica de diferentes especies de frutos, incluyendo peso húmedo y seco de los distintos componentes (estructuras de cubierta, pulpa y semillas). Estos datos los tomé generalmente a partir, de seis frutos diferentes por especie (para cerca de 100 especies), y usé los promedios para todos los análisis. A partir de los muestreos intensivos calculé los porcentajes de precisión usando límites de confianza del 95%, a medida que se acumulaban más horas de observación. Estos porcentajes los estimé como los límites de confianza del 95 % para el número de minutos en que los churucos se alimentaron en una especie particular en una unidad de muestreo definida (cuatro horas en este caso), dividida por el promedio de minutos en el acumulado de muestreos para esa especie y multiplicado por 100. Estos porcentajes los calculé para intervalos de cuatro horas a medida que se aumentaba el tamaño del muestreo. Las gráficas que presentan estos estimativos generalmente muestran tendencia a disminuir los porcentajes a medida que se acumula más tiempo de muestreo, y mientras menor sea el porcentaje mayor es la precisión. El principal uso de estos análisis gráficos es que permiten determinar desde que momento un aumento en el tamaño del muestreo no aumenta la precisión en los datos (cuando se estabilizan los cambios en la pendiente de la curva). Dado que en algunos casos los datos no se distribuyeron normal ni homogéneamente, los resultados se deben tomar como aproximaciones no conservadoras en cuanto a la cantidad de muestreo aconsejado. Realicé análisis de Kolmogorov-Smirnov para comparar las curvas de acumulación de especies, para muestreos ordenados cronológicamente y muestreos en los que las unidades de cuatro horas eran ordenadas aleatoriamente (removiendo así los efectos producidos por la aparición de nuevas especies por patrones fenológicos). Utilicé pruebas de correlación para comparar la importancia de las diferentes especies de frutos usando distintos tipos de cuantificación y también para comparar la importancia de las especies de frutos en diferentes años. Finalmente para saber el poder de predicción de la proporción de la dieta en un año en particular a partir de los otros dos años de estudio continuo usé análisis de regresión múltiple.

Los resultados del estudio muestran que para cuantificar la importancia de diferentes especies en la dieta de un primate se puede usar varias metodologías, por ejemplo las que usan el número de visitas, tiempo de consumo o cantidad de material consumido. Los análisis que realicé para los churucos, indican que estos protocolos aportan resultados altamente correlacionados. Recomiendo la metodología de medir tiempos de consumo en animales focales, porque el muestreo no es sesgado para especies en que las visitas son muy largas o muy cortas, y además, porque a partir de estos datos se puede hacer análisis más detallados de la

dieta. Por ejemplo, se puede estimar la cantidad de alimento ingerido, de energía o de nutrientes particulares, si se toman datos de tasas de consumo e informaciones morfológicas y/o nutricionales de los alimentos.

Los análisis de muestreos intensivos en períodos cortos de tiempo me indicaron en el caso de los churucos, que en promedio para las principales especies de frutos consumidos, la precisión del muestreo no cambia mucho después de las primeras 32 horas de observación. Esto indica que el medir la representación de las principales especies un período de más de 5 días al mes no incrementaría la precisión del muestreo. Sin embargo, si se aumenta este número de horas siguen apareciendo especies que no habían sido reportadas dentro del muestreo. Por lo tanto, sugiero que si se quiere tener una mejor representación de las especies en la dieta se puede aumentar el número de días de muestreo. De hecho, muestreos de menos de un año no resultan ser muy representativos para la población de estudio, dado que para el Parque Nacional Natural Tinigua, los ritmos fenológicos varían mucho entre las estaciones del año y no tanto entre años.

La precisión final de los muestreos puede ser diferente, dependiendo de las épocas de toma de datos. Esto sugiere que el tamaño de la muestra adecuada puede variar a lo largo del año de acuerdo con los patrones fenológicos, y recomiendo que antes de comenzar un estudio de dieta se hagan muestreos intensivos en épocas de producción contrastaste para determinar de antemano el tamaño de la muestra. Para cuantificar la dieta a largo plazo de una población de primates recomiendo hacer observaciones continuas durante por lo menos dos años, si estos tienen dietas generalistas como los churucos. Sin embargo, este tamaño de muestreo puede ser insuficiente en el caso de que los patrones fenológicos de las especies consumidas sean típicamente supra-anales.

Este estudio con los churucos alerta sobre la posibilidad de obtener informaciones sesgadas de la dieta de un primate, si no se tienen en cuenta análisis para determinar si un determinado tamaño de muestra adecuado para cuantificar la dieta. Por tanto, recomiendo a investigadores y evaluadores de propuestas, apoyar estudios de comportamiento alimenticio a largo plazo.

Este caso fue extractado con autorización del autor de: Stevenson PR. (2003). . ¿Cómo medir la dieta natural de un primate? : Variaciones interanuales en *Lagothrix lagothricha lugens*. En: Pereira-Bengoa VE, Nassar-Montoya F, Savage A y contribuidores. 2003. Primatología del Nuevo Mundo: biología, medicina, manejo y conservación. Centro de Primatología Aruatos. Bogotá. P. 3-22.

El entendimiento de los efectos de la modificación del hábitat, bien sea pérdida, fragmentación o la degradación, es muy importante en el estudio de la salud de la fauna en lugares bajo intervención antrópica. La literatura es amplia sobre la evaluación de los efectos de la fragmentación de las poblaciones animales por la disminución de la variabilidad genética. También, sobre el impacto en el uso del espacio por una o múltiples especies en relación con la forma y el tamaño de los parches y el patrón del paisaje en conjunción con las presiones antrópicas locales.

Más recientemente, como se mencionó anteriormente, las investigaciones han llamado la atención sobre el trastorno en las dinámicas parasitarias con efectos sobre la salud de los animales y los seres humanos. Las revistas

científicas especializadas en biología y ecología permanentemente están publicando trabajos que contribuyen a la comprensión de la fragmentación.

También, algunos textos están dedicados a la temática y tratan el efecto sobre las especies animales, por lo que se recomienda referirse a ellos para mayor detalle sobre las técnicas que se utilizan para la medición y análisis de los impactos (ver por ejemplo, Lindenmayer & Fischer, 2006; Marsh, 2003b). Galvin *et al.* (2007) tratan sobre la fragmentación en ecosistemas áridos y semiáridos y a pesar que no incluyeron ejemplos para Latinoamérica, el libro es útil por el abordaje que hace desde la fragmentación de las consecuencias de la ganadería para las comunidades humanas y animales.

En el estudio de la salud de la fauna es importante entender si la modificación del hábitat ha producido fragmentación de las poblaciones y si es así, cualificar la dimensión del efecto lo que se hace determinando las causas fragmentadoras e identificación las especies afectadas; ya que según la Figura 30 la influencia es heterogénea. Por ejemplo, la construcción de un cercado puede derivar en la fragmentación de algunas especies de ungulados, pero ésta seguramente no detendrá a los primates; mientras, que la pérdida de hábitat para pasturas posiblemente, no detendrá a los ungulados que utilizarán los potreros como corredores, pero si a los primates del nuevo mundo.

Las consecuencias dependerán de otros factores, como distancias entre los parches, presencia humana, accidentes geográficos, etc. Cuando hay cercas vivas, estas podrán servir de corredores y hábitat para las especies arbóreas.

Entonces, el entendimiento del efecto sobre las especies faunísticas puede requerir de una aproximación al entendimiento de los patrones de modificación del paisaje, mediante modelos distribucionales y espaciales que se aplican según la resolución deseada (Lindenmayer & Fischer, 2006).

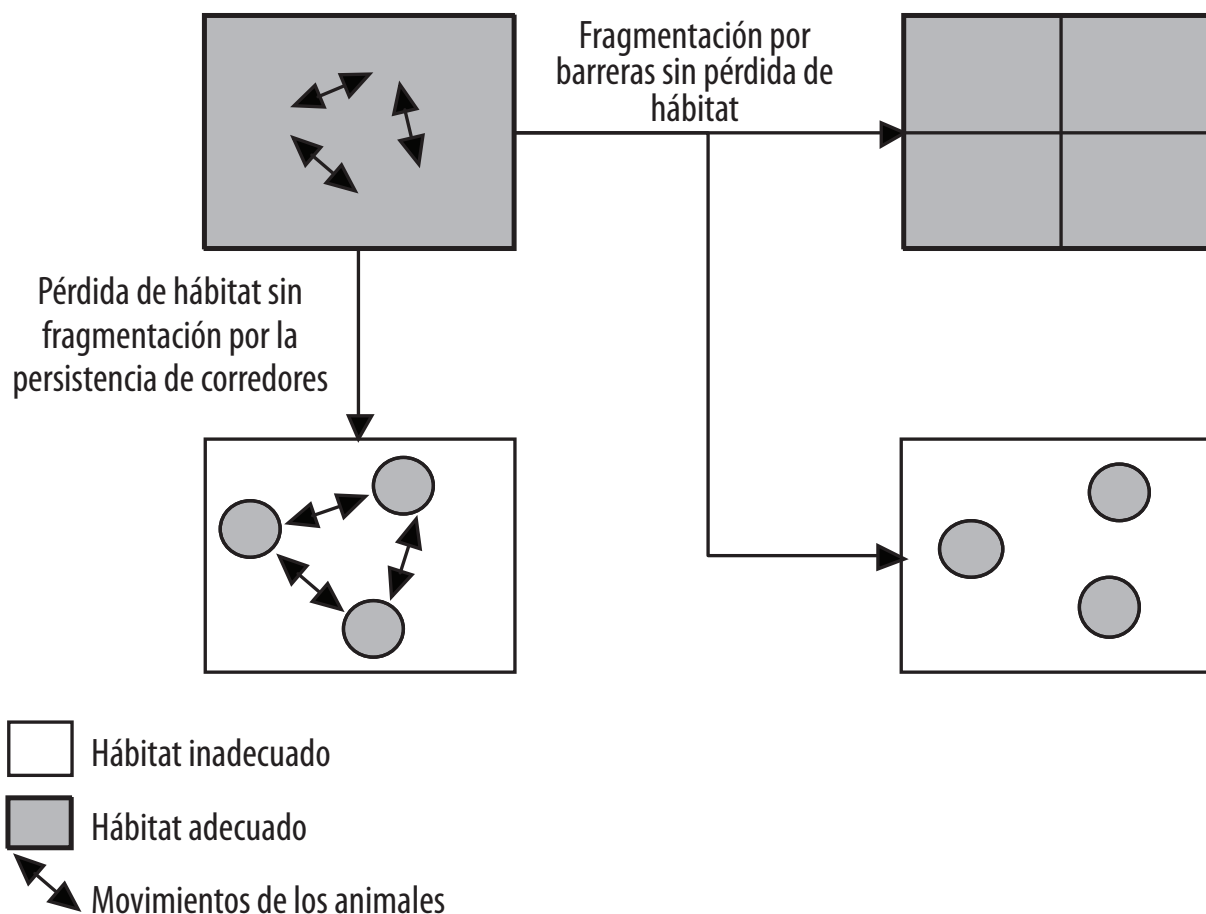


Figura 30. Efecto de la modificación del hábitat sobre los movimientos animales. Adaptada de Hobbs, Reid, Galvin & Ellis (2007).

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Sistemas de posicionamiento global (GPS)

Conceptos básicos útiles en el campo

La ubicación del lugar y la localización de los sitios que por una u otra razón se consideran relevantes para el estudio, como accidentes geográficos, bordes de bosque, cuerpos de agua, avistamientos de animales, casas, etc., es de gran ayuda para describir y analizar los resultados y formular acciones de manejo. No es extraño entonces, que en la actualidad sea común el uso del sistema de posicionamiento global (comúnmente conocidos como GPS por sus siglas en inglés) entre los investigadores de campo, sobre todo si se tiene en cuenta que opera permanentemente en cualquier parte del mundo, los costos de los aparatos han bajado en los últimos años, se encuentran una buena oferta de modelos amigables para el usuario y el acceso a la información es gratis. Las ventajas y practicidad son grandes para el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas, aunque el desempeño puede verse disminuido en bosques neotropicales con estratos superiores densos (Phillips, Elvey, & Abercrombie, 1998).

La facilidad del uso del GPS es quizás la razón por la cual se observa con una mayor frecuencia de lo que podría esperarse, que su uso sea inadecuado o que se encuentre una aparente disparidad en la información al localizar los puntos en un plano. Por tanto, se describirán las características más relevantes y de interés práctico que han sido de gran utilidad para el equipo de investigación del Centro Araguatos, resaltando lógicamente los problemas e inconvenientes que se han sufrido, y que han hecho perder más de un día de trabajo! Las siguientes definiciones son de ayuda para entender el funcionamiento del GPS y la localización de los puntos en los mapas:

- Camino o rastro (Track). Rastro o camino recorrido.
- Datum geodécico. Un conjunto de constantes que especifican un sistema de coordenadas utilizado para el control geodécico, como localización de puntos en la Tierra. Las latitudes y longitudes pueden diferir para el mismo punto de la superficie dependiendo el datum que se utilice. El GPS utiliza el GRS84 (WGS84: *World Geodetic System 1984*) como sistema de referencia, pero permite la visualización de algunos de los más de 240 datums que existen en uso (estos pueden verse en la opción mapa datum de su GPS), incluyendo Bogotá Observatorio. En términos prácticos de campo, la latitud y longitud puede variar cientos de metros dependiendo del datum que se utilice.
- DGPS. GPS diferencial. Tiene un receptor adicional de referencia en una estación base que corrige la señal del receptor remoto. Su exactitud es de aproximadamente 1 m.
- Disponibilidad Selectiva (*Selective Availability, SA*). Una política del Departamento de Defensa de los Estados Unidos para los usuarios civiles, que introducía ruido intencional del reloj en las señales del satélite disminuyendo de esta manera la exactitud, fue discontinuada en el año 2002. La exactitud normal de la posición es de aproximadamente 50-100 m. con SA y 7-15 m. sin SA.
- Elipsoide. Figura geométrica cercana a la forma y dimensiones de la tierra, que permite mediante un sistema coordinado en su superficie, ubicar espacialmente los diferentes detalles topográficos. En Colombia, las posiciones geodésicas se definieron sobre el Elipsoide Internacional de 1924 o de Hayford, cuyas dimensiones son: $a= 6\,378\,388$ m (semieje mayor) y $f=1/297$ (aplanamiento), y fueron establecidas tomando como punto de partida el Observatorio Astronómico de Bogotá. Este

- punto dio origen al Dátum Bogotá, el cual no es más que la materialización del Elipsoide Internacional en el territorio colombiano. En el país y resto de Latinoamérica se lleva a cabo un programa de actualización debido a que ahora un elipsoide es definido no solo por el radio ecuatorial y el aplanamiento, sino también por otras cantidades físicas (IGAC, 1999).
- Planos. Para la conversión del dato a una superficie plana se aplica un proceso de proyección al sistema de referencia (datum geodésico), el cual está asociado a su elipsoide. En el caso de Colombia el datum oficial para los planos ha sido Bogotá Observatorio. Mediante el programa MAGNA se está actualizando con WGS84 (IGAC, 1999).
 - Punto (Waypoint). Posición de un punto de la tierra que se puede almacenar en un receptor GPS y está referido por coordenadas. Se puede asociar a la altura.
 - Ruta. Sucesión de puntos (waypoints) que definen un camino.
 - SIRGAS. Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur. El Dátum SIRGAS tiene de ITRS el elipsoide GRS80 (WGS84) y de ITRF el ITRF94 época 1995,4.
 - UTM (Mercator Transverso Universal). Es un sistema mundial que corresponde a una proyección, y por tanto no define un elipsoide del datum geodésico. Se compone de una cuadrícula rectangular que cubre la tierra desde la latitud 80° Sur a la latitud 84° Norte; no viene expresada en grados y minutos, sino en metros. Utiliza 60 segmentos de 6° denominados "gore" y se identifica por un número de zonas.
 - WAAS. Sistema de corrección que utiliza estaciones de referencia terrestres en Estados Unidos, el cual incrementa la exactitud de la lectura del GPS. Sin embargo, tenga en cuenta que actualmente no está disponible para el neotrópico. El WAAS permite la exactitud de la señal de aproximadamente 3 m.

¿Qué es un GPS?

El GPS es un sistema de navegación compuesto por una red de 24 de satélites operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Cada satélite transmite ondas que llevan la información y la hora exacta de la transmisión. Los aparatos de GPS permiten localizar, marcar y determinar la altura sobre el nivel del mar (los aparatos más precisos vienen con sensor barométrico) de un punto específico (sitio), calcular áreas de terreno y desniveles, trazar recorridos y rutas, obtener la distancia entre puntos con grados (azimut) y total, visualizar el recorrido en un mapa, orientarse mediante una brújula que muestra el rumbo en grados entre los lugares de ubicación y destino (no es muy confiable en bosques cerrados) y medir la distancia, velocidad y tiempo de recorrido (datos de viaje).

El GPS utiliza los satélites en el espacio como puntos de referencia en la tierra, calculando la posición mediante la triangulación de la distancia del receptor a por lo menos cuatro, la que se mide por el tiempo en que se demora la señal en llegar a cada uno de los satélites. Aunque la triangulación se puede hacer con tres, el cuarto es necesario para corregir los errores de medición.

Problemas en el uso del GPS

En teoría el GPS funciona en todas partes y a cualquier hora, pero en el campo se encuentran algunos limitantes que pueden restarle precisión y exactitud a los datos debido a las condiciones de la ionósfera y la tropósfera que causan demoras en la señal de GPS y a la presencia de elementos entre el receptor y los satélites, como por ejemplo, en zonas bajas en áreas montañosas, bosques densos, lugares con alta nubosidad, etc. A pesar que en algunos lugares y momentos es difícil obtener datos confiables, el problema más común que los autores han observado es por la falla humana en el manejo de los aparatos; debido a lo cual ha sido necesario en el campo verificar los equipos y su manejo, ya con frecuencia que posteriormente es

imposible “arreglar” los puntos. A continuación se presenta un listado de verificación que disminuirá el riesgo de perder valiosa información y tiempo:

- Antes de ir al campo.
 - ¡Conozca su GPS antes de viajar, en el campo las dudas con seguridad se traducirán en errores!
 - Lleve baterías suficientes. Si utiliza recargables lleve dos juegos y verifique que dispone de electricidad. Cuando un GPS permanece encendido es un devorador, por tanto, a no ser que sea necesario por el trabajo o esté registrando puntos constantemente o rutas, manténgalo apagado.
 - Defina con todo el grupo de trabajo el objetivo del uso de GPS y mapas y la información que se espera coleccionar. Averigüe la existencia de planos, fotografías aéreas e imágenes satelitales de la zona que pueden servirle para sus propósitos, y en lo posible lleve una copia.
 - Defina con anterioridad con todo el grupo de trabajo las unidades en las que trabajará de acuerdo con las necesidades (por ejemplo, formato de los planos). Es importante definir el sistema de coordenadas (*position format*) que utilizará para localizar los puntos y verifique el lugar de origen (*map datum*). En una ocasión se buscó por varios días la fuente del error para que unos datos no coincidieran en los planos; finalmente se encontró que las coordenadas de origen de los planos eran definidas por el usuario y no correspondían al datum utilizado por el Centro Araguatos “Bogotá Observatorio”. Tenga en cuenta que un GPS puede contener más de 100 opciones de datums.
 - Al inicializar el GPS normalmente por configuración este toma el datum WGS84 que corresponde al datum mundial. Este es el datum de referencia utilizado por el nuevo sistema colombiano y latinoamericano (MAGNA-SIRGAS). Tenga en cuenta que muchos planos utilizan Bogotá Observatorio.
- En el campo
 - Al tomar un aparato que no haya usado o lo utilice otra persona (no importa que sea el suyo, ¡pues si lo prestó, con frecuencia se encuentra que lo han cambiado!) verifique que está en el datum y el sistema de coordenadas correctos para lo cual simplemente deberá entrar al menú de configuración.
 - Algunos aparatos GPS, al encenderlos muestran la última coordenada registrada, mientras hace la búsqueda de los satélites. Verifique antes de tomar la lectura que es la actual, no vaya a tener una sorpresa cuando regrese del campo y al localizar los puntos en el mapa... ¡todos son los mismos!
 - Los GPS más nuevos normalmente muestran la validez (distancia error) del registro. Si no lo hace, asegúrese que esté recibiendo por lo menos cuatro satélites antes de tomar el punto. De ser necesario, levante el aparato o muévase un poco y busque los lugares más despejados del bosque. Cuando necesite moverse más metros de lo que su precisión requiere para tomar un punto, es útil medir con una cinta la distancia al punto deseado y registrar la dirección con la brújula.
 - En general la validez de los datos de menos de 15 m. es adecuada, que es la que se obtiene en bosques en muchas partes de Colombia, con los aparatos de rango de precio bajo y medio. Si las condiciones son malas (nublado, montañoso, bosque denso, etc.) es posible (si puede tomar el registro) que el error sea alrededor de 20 m., caso en el cual tiene que valorar si le es útil. Si tiene errores mayores, revise la causa.

- Después del campo.
 - Si el punto está almacenado en el GPS, las coordenadas se actualizarán al cambiar el formato de coordenadas o el datum. Si no lo hizo, es posible transformar las coordenadas geográficas o Gauss y viceversa, fácilmente y a bajo costo mediante un aplicativo desarrollado por el IGAC para Colombia (tiene por configuración el origen "Observatorio Bogotá"). Es posible encontrar aplicativos similares por Internet desarrollados para otros países.

Imágenes

La obtención de datos de localización, altura y fecha, es de gran utilidad *per se* para las labores diarias de campo en el estudio de la salud de la fauna y los ecosistemas, ya que facilita la ubicación y orientación de los investigadores. Esto es especialmente útil en los estudios cortos y donde se tiene desconocimiento de la zona, ya que se gana tiempo y se facilita la delimitación espacial del trabajo.

Por ejemplo, en el Centro Aruato se han delimitado los bosques y transectos, y marcado lugares que sirven de referencia a los investigadores, como por ejemplo, fincas, casas, carreteras, puentes, etc. Se marcan sitios importantes para el estudio, como los avistamientos de una especie cuando se realizan inventarios y censos, lugares de uso, localización de refugios, madrigueras, fuentes alimenticias, características físicas del lugar como zonas inundadas, sitios en donde se interrumpen los bosques, lugares de captura, etc. También para localizar el lugar exacto y el camino (track) en donde se dejó un animal o grupo para facilitar su búsqueda el día siguiente.

El potencial de contribución para un estudio de la información geográfica es mucho más grande, y depende de la forma como se coleccionen los datos, se almacenen y se organicen para su análisis. La información se puede graficar, explorar, manipular e integrar en diferentes niveles, para lo cual los da-

tos obtenidos en el GPS se pueden descargar en el computador si se tiene el programa adecuado.

Hughes (2003) menciona varias aplicaciones de los sistemas de información geográfica para el estudio de los primates, que son aplicables a los estudios de salud de la fauna, mapeo y clasificación de la vegetación, evaluación de la fragmentación, estimación de la biomasa, análisis de viabilidad poblacional, censos animales, análisis de la vulnerabilidad/sensibilidad del hábitat, localización y limitación de áreas protegidas, análisis de los patrones de forrajeo/radio telemetría y de anidación. Este autor presenta un listado de aplicaciones de SIG que incluyen varias en Latinoamérica y que pueden ser de interés no solamente para los primatólogos, sino para todos aquellos que estudien la fauna.

Planos

El uso de planos disponibles ha sido lógicamente nuestra primera elección en estudios de la salud de la fauna y los ecosistemas. Los institutos de cartografía nacionales son el primer lugar de elección para buscar información cartográfica, como por ejemplo en Colombia el IGAC tiene a disposición una buena colección de planchas cartográficas y fotografías aéreas, que se pueden conseguir a bajo costo. El único inconveniente que se presenta es que en algunas partes la información no se ha actualizado en los últimos años, sin embargo, es muy valiosa y útil como base de referencia.

Como se dijo anteriormente, en el uso de mapas o planos es muy importante conocer las coordenadas que lo determinan de acuerdo con la Proyección (por ejemplo, UTM) y datum (por ejemplo, Bogotá Observatorio, SIRGAS). Para verificar la validez y concordancia de los datos, es aconsejable confrontar algunos puntos del mapa con los obtenidos en campo (puntos de control), para lo que son útiles localizaciones permanentes, conocidas y puntuales, como por ejemplo, puentes, construcciones pequeñas, cruces entre dos caminos, etc.

Cuando se utiliza más de un GPS, en nuestra experiencia ha sido importante también corroborar la precisión de los datos entre los aparatos y usuarios, así como definir los criterios de trabajo para demarcar los puntos. Por ejemplo, la identificación física con cinta reflectiva ayuda a la visualización de los puntos marcados en los mapas y su persistencia a través del tiempo. Una vez está seguro de los datos puede localizar los puntos en los planos. Ha sido útil cuando no se ha contado con acceso a computador en el campo (por ejemplo, por falta de electricidad), hacerlo sobre una copia de papel para lo que necesita únicamente regla, escuadra y calculadora. Sin embargo, tan pronto es posible, es recomendable pasar los datos a archivos digitales, lo que se puede hacer mediante la utilización de diferentes programas. En el Centro Araguatos se han digitalizado y actualizado con ayuda del programa AutoCAD Map.

En la Figura 31 se muestra un ejemplo de la utilización de un plano topográfico (escala original 1:25.000), para la demarcación de dos parches de bosque de donde se traslocaron tres monos aulladores y la localización del lugar de liberación. Los límites se demarcaron con ayuda de un

GPS Garmin E-Trex®, para lo cual se dejó por fuera el crecimiento en sucesión temprana que presentaba predominancia de plantas bajas y arbustos de menos de 3 m. de altura, de acuerdo con el patrón de uso del hábitat de la especie.

Este plano permite visualizar y analizar el aislamiento de los parches y entender su relación con la ubicación espacial de la reubicación de los animales. Sin embargo, no tiene la resolución suficiente para localizar los detalles de los bosques de los parches, por lo cual se hizo un plano a una menor escala mediante la definición de una cuadrícula conformada por cuadrantes que representan 100 x 100 m. Este permitió una mejor resolución debido a lo cual fue posible localizar los puntos de interés que se marcaron con ayuda del GPS, como los que se muestran como ejemplo en la Figura 32. En el presente caso, el análisis de las dos figuras citadas permitió formular varias hipótesis y conclusiones. La primera demostraba el aislamiento de los bosques de los dos parches y por lo tanto, de la necesidad de implementar un manejo de las poblaciones a largo plazo; segundo, demostraba la alta flexibilidad de los monos aulladores a la fragmentación en parches pequeños.



Figura 31. Localización de los parches de bosque de origen y el punto de liberación de un grupo de monos traslocados.

Fotografías

La introducción de las cámaras digitales presenta una excelente oportunidad para la graficación y análisis de la información de un lugar a bajo costo. Estas permiten registrar en diferentes niveles de tamaño y detalle las características de un lugar o de los animales; por lo que son una excelente ayuda para evidenciar estados, eventos, situaciones e inclusive secuencias. Las cámaras cada día son más fáciles de manejar y presentan una gran cantidad de opciones para los diferentes objetivos de trabajo y grados de pericia en su manejo. Sin embargo, los problemas más básicos que se presentan con las fotografías en la investigación y estudio de la fauna se deben a la resolución, por lo que es recomendable definir el uso que se intentará darles para así ajustarla a la más adecuada a los objetivos (tener en cuenta que una mayor resolución requiere mayor memoria).

Considere que la fidelidad del color de las fotos podrá depender de muchos factores, como el tipo de fuente de luz, condiciones de luminosidad, filtros, etc. En la selección tenga en cuenta que hay una gran variedad de opciones en el mercado de cámaras y accesorios. Las más sofisticadas con lentes intercambiables permiten la toma de mejores fotografías pero pueden ser costosas y más difíciles de manejar; algunas de ellas son robustas, resistentes a la humedad y por consiguiente más adecuadas para las condiciones de campo. De todas formas, se recomienda guardar los archivos de imágenes con frecuencia, pues los accidentes no son raros y por lo tanto se corre el riesgo de perder la información.

Por otra parte, aunque en la actualidad las imágenes satelitales han reemplazado en parte el uso de fotografías aéreas, éstas siguen siendo de gran ayuda para algunos objetivos, como por ejemplo para analizar los cambios a través del

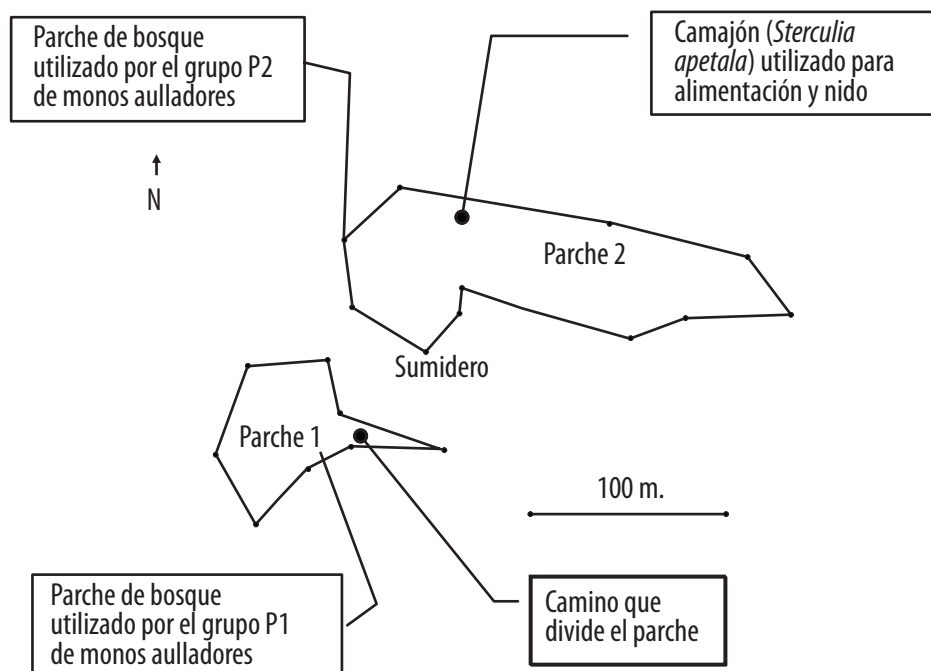


Figura 32. Creación de un plano a partir de los puntos registrados en los dos parches de bosque que se resaltan en la figura anterior. Éste tiene la suficiente resolución para localizar puntos geográficos marcados en el GPS. Fuente: Centro Araguatos.

tiempo en el lugar, ya que permiten hacer el seguimiento. Por ejemplo, en el estudio que realizó Gómez (1998) de la Universidad de la Salle en el Centro Araguatos para determinar un plan de manejo y evaluar los cambios ocurridos en el hábitat del chirriador sabanero en los humedales de Bogotá, se utilizaron fotografías aéreas adquiridas en el IGAC que permitieron en el análisis para un periodo largo de tiempo. El acceso a imágenes en algunos lugares puede estar restringido.

Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales se han convertido en una de las mejores herramientas para el análisis espacial de un lugar, pero requiere de entrenamiento para su uso avanzado. Día a día hay una mejor disponibilidad de imágenes satelitales de Latinoamérica, por lo que es recomendable hacer búsquedas en Internet debido a los constantes nuevos produc-

tos. La calidad y resolución de las imágenes puede ser variable y más limitada para algunas zonas y también el acceso puede depender de los costos.

En algunos sitios es posible encontrar imágenes gratis. La USGS ofrece la posibilidad de acceso a imágenes del satélite LANDSAT sin costo: *"The opening of the Landsat archive to free, web-based access is like giving a library card for the world's best library of Earth conditions to everyone in the world- Adam Gerrand, Food and Agriculture Organization of the United Nations"* (<http://landsat.usgs.gov/index.php>). También, según la resolución y escala de análisis deseadas, las imágenes de Google Earth puede ser una opción de fácil y rápido acceso (<http://earth.google.com>). En la Figura 33 se presenta una imagen de Google Earth para visualizar nuevas presiones para la fauna en los Llanos Orientales Colombianos por el cambio del uso de la tierra.

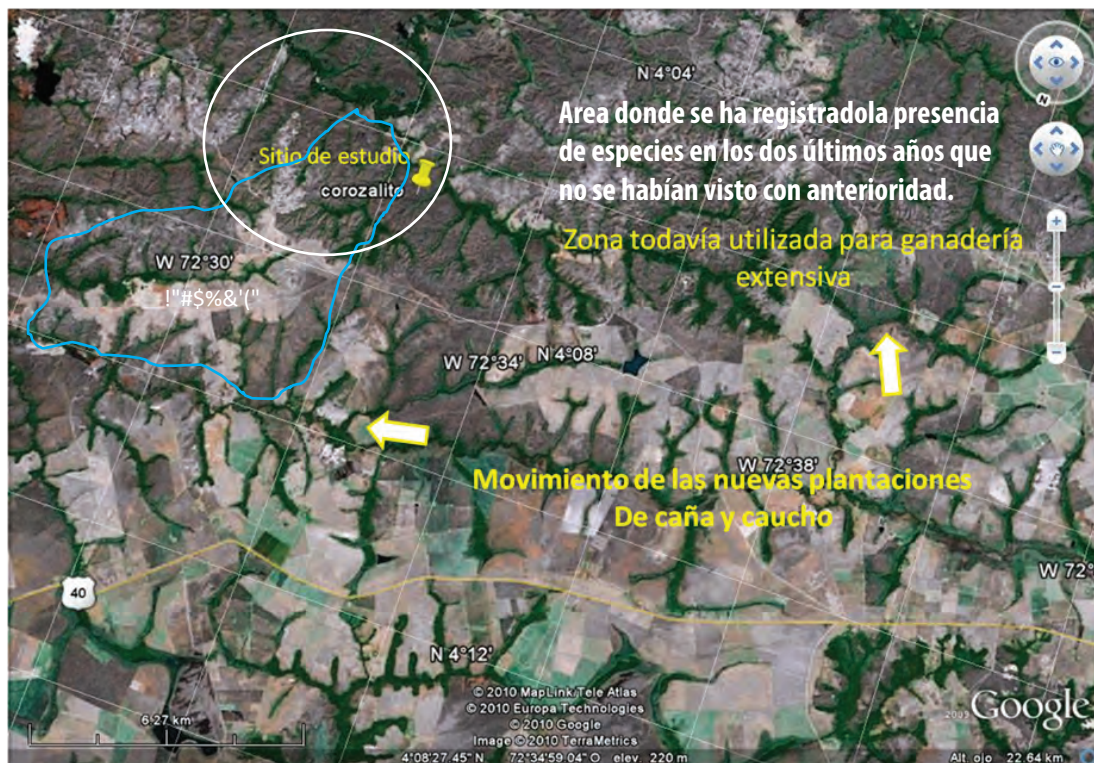


Figura 33. Imagen de Google Earth para visualizar espacialmente las presiones sobre la fauna en un lugar intenso cambios en el uso de la tierra; Llanos Orientales, Colombia.

MONITOREO DEL ESTADO DEL TIEMPO Y CLIMA

Mayes (2003) hace una descripción sencilla y completa de los aspectos climáticos que pueden ser relevantes en el estudio de los primates, y que definitivamente son útiles en el estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas. Este autor hace la precisión sobre algunos términos, que debido a la poca experiencia en meteorología que tienen algunos investigadores en biología y salud, pueden confundirse, y por tanto, es aconsejable clarificar:

- Tiempo meteorológico: El estado de la atmósfera en un determinado lugar y tiempo. El tiempo meteorológico se refiere al comportamiento de los elementos atmosféricos (temperatura, precipitación, humedad y vientos), en un momento y lugar, es decir, que hay una variación temporal día a día o aún, hora a hora (IGAC, 1998).
- Clima: El IGAC (1998) incluye los siguientes conceptos sobre el clima *“según Max Sorre, se define como el -ambiente atmosférico constituido por una serie de estados de la atmósfera inferior de un lugar en una sucesión habitual-. En términos de Strahler, es -la suma de las condiciones atmosféricas para un lugar-. El clima es una generalización del comportamiento de los elementos meteorológicos para un período de tiempo largo, 30 años o más, que permita identificar los umbrales o límites dentro de los cuales se comportan los fenómenos de temperatura, humedad y precipitación. Sobre el clima no se hacen predicciones, se intenta analizar, definir y explicar los climas en un marco geográfico. Para caracterizar el clima de una región se parte de los valores medios anuales de los factores climáticos, sin embargo, también es necesaria una evaluación de las desviaciones periódicas de las medias que implican comportamientos irregulares, como El Fenómeno del Niño, con fuertes impactos sobre el sistema climático”*.
- Microclima: La variación del estado del tiempo y clima en áreas pequeñas, de decenas de metros a algunas centenas (Mayes, 2003).
- Temperatura: Es el grado de calentamiento del aire que se mide con termómetros, a una altura de 1.5 - 2 m. de la superficie. La temperatura media máxima/mínima diaria se refiere al promedio de las máximas/mínimas registradas cada 24 horas durante un periodo específico (por ejemplo, un mes, un año, etc.).
- Precipitación: Es la caída de agua en estado líquido o sólido sobre la superficie producida por la condensación.
- Brillo solar: Se determina por la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra. La medida se registra en horas-sol, con ayuda de un heliógrafo, que constan de una esfera de vidrio sobre una cartulina graduada y colocada sobre una superficie curva. La suma de las longitudes quemadas corresponden a las horas de brillo.
- Radiación solar: Se expresa como el promedio diario en watts por m².
- Humedad. Es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, expresado como la proporción de la máxima cantidad que el aire puede contener a determinada temperatura.

Información meteorológica y climática

En los países neotropicales como Colombia, las variaciones climáticas son considerables entre las regiones, por lo que es fuertemente recomendable que antes de iniciar un trabajo de campo se documente bien sobre las condiciones locales para lo que se recomienda remitirse a los sistemas nacionales de información climática.

Por ejemplo, en Colombia la información meteorológica y climática oficial se encuentra en el IDEAM, que tiene un banco de datos con información de temperatura, humedad relativa, vientos, nubosidad, brillo solar, etc. (www.ideam.gov.co). Adicionalmente, para una visión regional y global

se recomienda consultar la OMM (Organización Meteorológica Mundial www.wmo.ch), NOAA (Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de Estados Unidos www.noaa.gov), PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente www.unep.org), el Sistema las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en <http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/lang/es/pages/gateway/>, el portal de Cambio Climático Global de la NASA en <http://climate.nasa.gov/> y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas en <http://www.wcrp-climate.org/>.

La importancia de entender las condiciones climáticas y meteorológicas locales es obvia cuando se miran algunos datos que demuestran la variación regional que ocurre dentro del país.

Las lluvias presentan dos comportamientos temporales, Monomodal en el norte y sur y Bimodal en el centro, con lluvias que van desde los 267 mm. anuales en el departamento de La Guajira, hasta registros superiores a los 9000 mm anuales en el Pacífico; se presenta una variada distribución del brillo solar, desde valores inferiores a las 800 horas de sol en los sectores noroccidental y sur de la Región Andina, hasta registros superiores a las 2600 horas de sol al año en el departamento de

La Guajira y la temperatura se caracteriza por presentar los máximos valores en los departamentos de La Guajira y Magdalena ($> 28^{\circ}\text{C}$) y mínimos ($< 6^{\circ}\text{C}$) en las partes más altas de las cordilleras, en el macizo volcánico de la Cordillera Central, la Sierra Nevada del Cocuy y la Sierra Nevada de Santa Marta, por encima de los 4000 metros de altura sobre el nivel medio del mar (IGAC, 1998).

Climatogramas

Un climatograma es un diagrama que muestra la estacionalidad climática a través del año, en el que la temperatura y precipitación mensuales se ubican en dos ejes Y separados (10°C de temperatura por 20 mm. de precipitación).

En la Figura 34 se hace un diagrama como ejemplo, a partir de los registros obtenidos durante el año 2003 en una estación en la baja Guajira, Colombia. La época de lluvias ocurrió entre los meses de agosto a diciembre, aunque se registró un incremento moderado en las lluvias en abril. Entonces, si se considera que la época lluviosa corresponde al periodo en el cual la precipitación es más alta que la temperatura (Brower, Zar, & von Hende, 1998), esta información está acorde con el régimen monomodal de lluvias para esta región de Colombia.

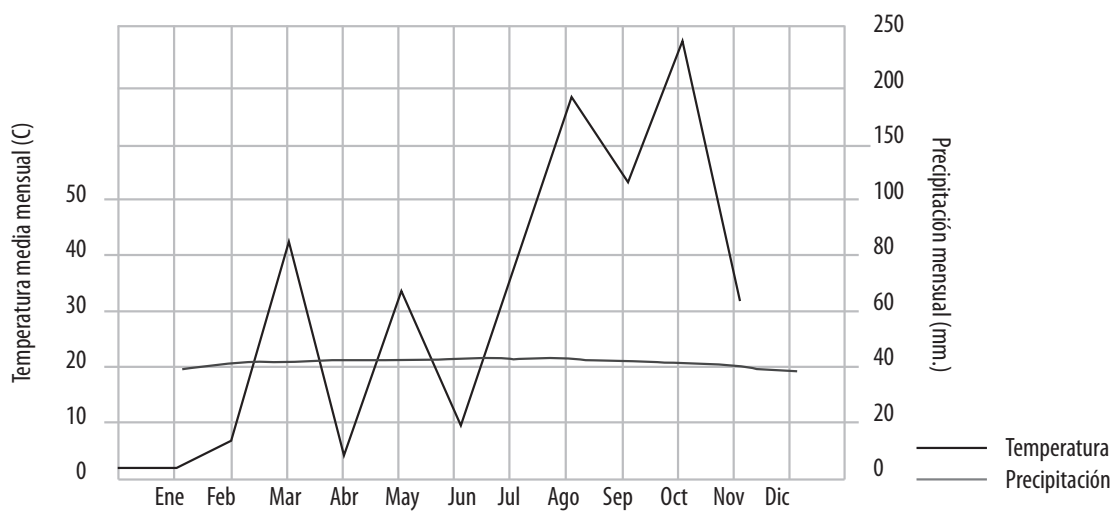


Figura 34. Ejemplo de un climatograma que muestra la temperatura media del aire y la precipitación mensual.

Medición meteorológica en el sitio de estudio

Durante la evaluación de la salud de la fauna puede ser deseable medir las condiciones meteorológicas en el sitio de estudio, e inclusive hacer registros simultáneamente en varios puntos para determinar rangos de variación espacial y temporal dentro de un mismo hábitat. Estos contribuyen a la caracterización del ecosistema e identificar el efecto de intervenciones sobre el mismo.

Las aplicaciones son muchas, como por ejemplo, la comparación entre dos o más sectores del bosque: borde y centro, intervenido y no intervenido, inundable y no inundable, presencia y ausencia de una especie (como un vector de enfermedad), etc. También permite hacer el seguimiento de los cambios estacionales o aquellos derivados de la intervención (tala, tipo y estado de desarrollo de un cultivo, etc.) o sucesión a través del tiempo en un punto del bosque.

El investigador no especializado y con limitado presupuesto para equipos meteorológicos que quiere estudiar la salud de una población animal y el ecosistema, debe enfocar sus esfuerzos en la medición de la temperatura ambiental (máxima y mínima diaria) debido a su alta sensibilidad por estar estrechamente relacionada con el entorno y constituirse en una variable que depende de condiciones como, el tipo de terreno, la cobertura vegetal, radiación, humedad, vientos y hora.

Mayes (2003) discute algunos procedimientos para el registro de las condiciones meteorológicas en el trabajo de campo y las limitaciones que se presentan, que finalmente definen la precisión y exactitud (realidad) del registro.

Es verdad que en lo posible la medición en el campo debería ser comparable con las observaciones convencionales de las estaciones oficiales, lo que debe hacerse con prudencia, ya que como se mencionó anteriormente las

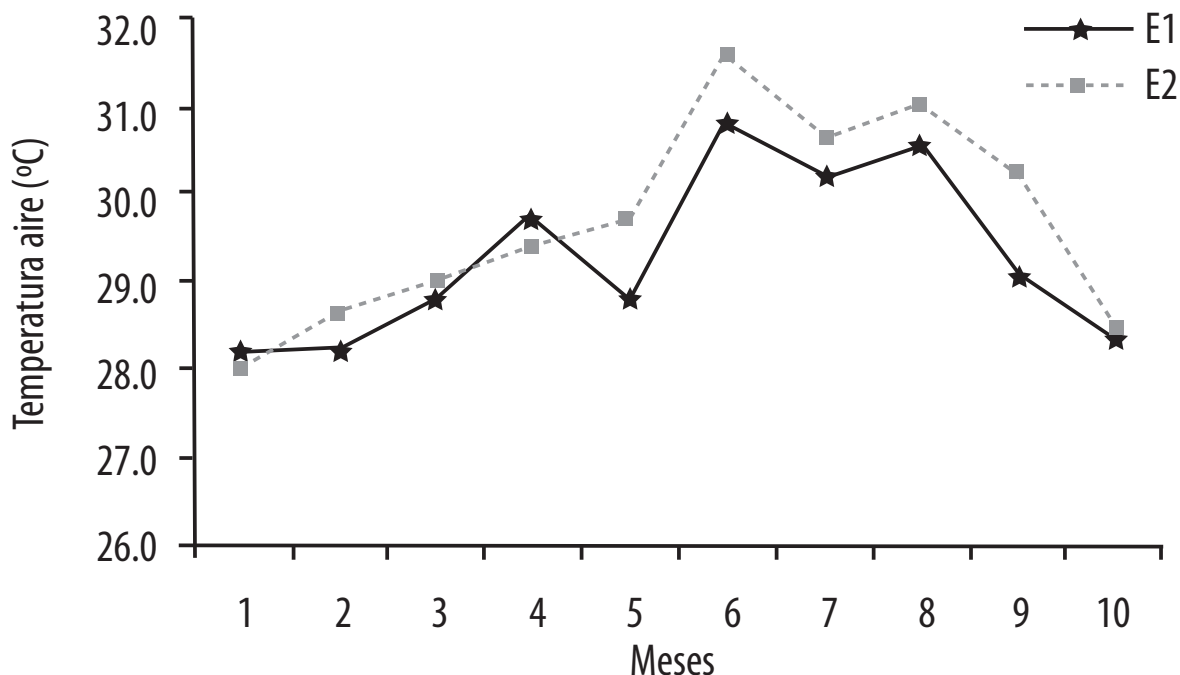


Figura 35. Comparación de los registros de la temperatura del aire en dos estaciones meteorológicas (E1 y E2) cercanas (10 Kilómetros de distancia).

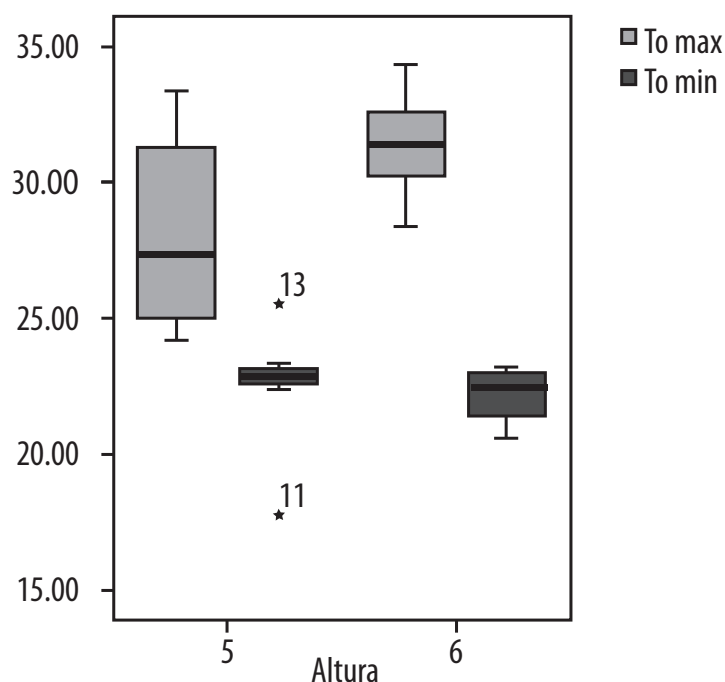


Figura 36. Registro simultáneo de la temperatura (°C) del aire (máxima y mínima) a 5 y 10 m. de altura, en un bosque de galería.

condiciones climáticas y meteorológicas en los países neotropicales como Colombia, varían localmente por estar altamente influenciadas por la latitud y el relieve. Estas diferencias pueden ocurrir inclusive en pocos kilómetros en lugares que presentan características similares como puede observarse en la Figura 35, de la cual se observa que en diez meses de registros se encontró una diferencia absoluta de 0.5 °C entre las dos estaciones.

De todas formas, el investigador debe tener claridad sobre los parámetros que se registran en las estaciones oficiales y la métodos empleados como por ejemplo, la altura del piso en la cual se hace el registro, etc., para definir el diseño estudio y las variables meteorológicas que se van a tomar. En el caso de la estudio de la salud de la fauna y del ecosistema, si el objetivo es utilizar la temperatura para entender las variaciones que ocurren dentro del microhábitat, la confianza de la información depende de la precisión del regis-

tro (sensibilidad suficiente para detectar variaciones dentro y entre los puntos de muestreo); pero cuando se quiere estudiar el efecto directo de la temperatura sobre una variable, debe tenerse cuidado con la exactitud (la realidad: las referencias más confiables son las mediciones oficiales).

Los registros meteorológicos del microclima en el estudio de la fauna se pueden realizar mediante la definición de unas estaciones de monitoreo fijas o también haciendo el registro en diferentes puntos en un periodo corto de tiempo. Es necesario anotar las condiciones de registro (sitio/coordenadas, fecha y hora, altura del piso, descripción del lugar y equipos utilizados) y se debe tener cuidado de que el registro de la temperatura del aire se haga en la sombra para evitar que por exposición directa al sol las características del termómetro afecten la medición. En el mercado existen varias alternativas de bajo costo para registrar la temperatura del aire, la humedad

y la precipitación. En el Centro Araguatos para la temperatura se ha utilizado higrómetros-termómetros digitales que registran la máxima y mínima temperatura y humedad, tienen precisión suficientemente buena para los propósitos; pero tienden a dañarse en lugares o periodos de alta precipitación, así estén protegidos. Los termómetros de mercurio de máximas y mínimas son útiles en condiciones difíciles, pero presentan una lectura menos precisa por lo que su uso es más limitado. Si se busca exactitud, se debe optar por sistemas más sofisticados y si es posible, construir una pantalla de Stevenson (Mayes, 2003).

Para ilustrar la importancia que puede tener la relación de la temperatura-estrato del bosque, en la Figura 36 se muestran los resultados de los registros realizados en el estudio desarrollado en monos aulladores y monos maiceros en los llanos orientales, en el que se quería saber si la temperatura del bosque en el estrato utilizado por los monos aulladores (principalmente el superior) y medio (maiceros) era diferente. Se colocaron dos

higrómetros-termómetros digitales a 5 m. y 10 m. de altura respectivamente. Estos se protegieron del viento y rayos solares directos con la ayuda de un recipiente plástico ancho y abierto por debajo, que permitía una buena ventilación. En la Figura 37 se presenta el registro de 6 días de la humedad en el mismo trabajo en otro tipo de gráfica (línea), para mostrar el efecto del estrato vertical o altura al suelo en las fluctuaciones diarias en el microclima, y en este caso de la humedad.

La precipitación es también una variable de utilidad y de bajo costo, pero que tiene limitaciones si se busca hacer comparaciones espaciales dentro de un mismo microhábitat, ya que esta medición no es tan sensible como la temperatura y humedad a los efectos locales del entorno. En el mercado se encuentran una infinidad de minipluviómetros de bajo costo que son muy poco precisos. Por tanto, se recomienda seleccionar uno de mayor valor y con resolución de 0.1 mm. Este se debe colocar en un lugar abierto, con la boca a 30 cm. del piso.

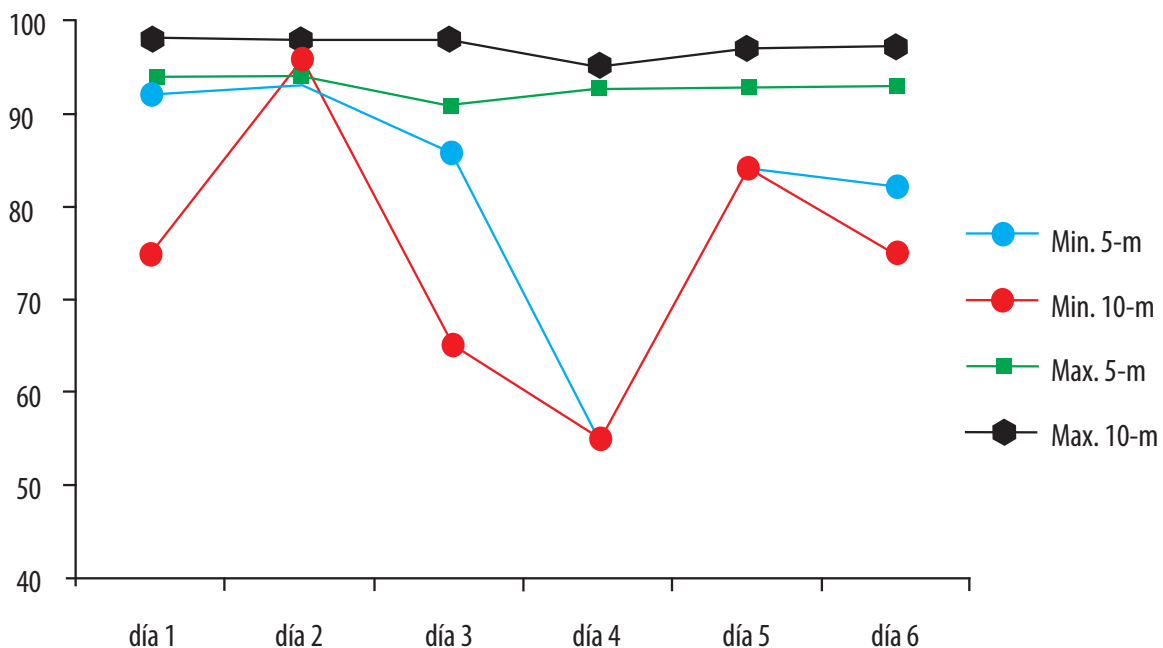


Figura 37. Registro de humedad en dos estratos del bosque en los Llanos Orientales de Colombia.

COMPONENTES TÓXICOS

Las fuentes de intoxicación para la fauna se pueden caracterizar como naturales y antropogénicas. En el primer grupo se incluyen minerales y compuestos de origen animal, vegetal y microbiano presentes en el ecosistema. En el segundo, los químicos de síntesis utilizados en sistemas agropecuarios como herbicidas, pesticidas y fármacos, así como residuos industriales.

En el análisis de la salud de la fauna en un lugar, debe tenerse en cuenta como se mencionó anteriormente, que el origen de las sustancias tóxicas puede estar a grandes distancias y por lo cual la ausencia de una fuente obvia no es suficiente para descartar la posibilidad de intoxicaciones ante la presentación de signos compatibles en los animales. Además, puede esperarse una alta variación en el comportamiento de los compuestos tóxicos en los ecosistemas naturales en el neotrópico, debido a la alta diversidad de especies vegetales y animales, y la variabilidad en las condiciones de iluminación, humedad, pluviosidad y temperatura ambientales.

Los insecticidas que se utilizan mayormente en el neotrópico son organofosforados, carbamatos y piretroides, y todavía se reporta el uso legal e ilegal (por contrabando) de organoclorados como endosulfan, a pesar de estar prohibido en algunos países de la región (F. Bejarano González *et al.*, 2008). Entre los herbicidas más comúnmente usados se encuentran los auxínicos (hormonales), los bipiridilos y el Glifosato (J. F. González, 2011).

El xenobiótico entra al organismo expuesto en vida silvestre por diferentes rutas, principalmente la oral (quizás la vía más importante en aves y mamíferos), inhalada o dérmica (relevante especialmente en la herpetofauna). El paso a través de las membranas depende también de las características de las especies y puede hacerse por filtración, difusión y transporte activo. Luego se distribuye en los tejidos dependiendo de sus

propiedades, por ejemplo si es lipófilo o hidrófilo y, se biotransforma principalmente por acción enzimática (hidrólisis, oxidación, reducción y glucoronidación, entre otras).

Las especies animales presentan variaciones importantes en su capacidad biotransformadora que hacen que respondan de manera diferentes a las sustancias. Finalmente, el tóxico y sus metabolitos se excretan por la orina, heces y vía respiratoria, entre otras.

El diagnóstico en la fauna se dirige primordialmente a identificar el agente etiológico, e incluye como cualquier examen, de la compilación de los anamnésticos (localización, características del lugar y condiciones meteorológicas; especies afectadas, edades y dietas; fuentes de agua y alimento; eventos recientes como migraciones o modificaciones en el hábitat; presencia de industrias, sistemas agropecuarios y viviendas; registro de prácticas pecuarias o agrícolas y uso de químicos u otros; etc.), la valoración clínica y la realización de pruebas de laboratorio.

En caso de mortalidad, la realización con prontitud de las necropsias es fundamental para evitar la alteración de la composición química de los compuestos. En algunos casos, sobre todo en especies pequeñas, puede preferirse enviar el espécimen congelado, inmediatamente al laboratorio. Los tejidos se envasan en frascos de vidrio y se congelan, pero de todas formas es recomendable contactar al laboratorio para coordinar el envío de las muestras y recibir instrucciones sobre los procesos a realizar en el campo; sobre todo cuando se está trabajando con especies pequeñas en las que el volumen de las muestras es limitado y por ende, este podría ser crítico para la realización de la prueba diagnóstica. Todas las muestras se identifican claramente con etiquetas resistentes al contacto con el agua, se acompañan de los resultados de la valoración en campo y se solicitan las pruebas acorde con el diagnóstico presuntivo.

Es necesario considerar que muchas veces en las condiciones de campo neotropicales no hay segundas oportunidades o posibilidad de tomar réplicas, pues una gran cantidad de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos presentan pesos corporales menores a 500 gr, tienen comportamientos crípticos y las condiciones de humedad y temperatura hacen que la descomposición de las muestras sea rápida.

También, que no rara vez los laboratorios se quejan de las pobres condiciones de almacenamiento y transporte de las muestras y la vaguedad de la información que las acompaña.

Los contaminantes en el ecosistema se pueden clasificar de acuerdo con su potencial patógeno, los que son dañinos a cualquier concentración o cantidad (agentes graduales) y los que requieren de un nivel o umbral.

Consecuentemente, desde el punto de vista de la salud de la fauna, son pertinentes las preguntas de la ecotoxicología que a su vez son fundamentales en la aplicación de la Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA, por sus siglas en inglés): cuál es la concentración en el ecosistema, si puede esta concentración ser o no patógena, cuál es la relación entre la concentración y el efecto, cuál es el riesgo para un efecto nocivo y cómo se puede reducir este riesgo. ERA se basa en el reconocimiento que el costo de eliminación de todos los efectos ambientales es imposiblemente alto y las decisiones prácticas en el manejo ambiental siempre se hacen con base en una información incompleta (Jorgensen, 2010).

Estos principios indudablemente aplican para el estudio de la salud de la fauna en los ecosistemas naturales. La literatura sobre la teoría y práctica de la ecotoxicología es muy amplia por lo que se le recomienda al lector dirigirse a ésta cuando se requiera información detallada sobre la interacción, transformación, destino y efecto de los xenobióticos en el animal, población, comunidad y ecosistema; como también de las me-

todologías y aplicaciones de los análisis de riesgo y modelamiento.

Investigación toxicológica forense de eventos en fauna

Una aproximación interesante sobre la causa y los efectos de las relaciones entre los tóxicos ambientales y la fauna vertebrada en vida silvestre, la hace la SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) mediante la aproximación con técnicas forenses (las ciencias aplicadas a la medicina y la ley) a la toxicología (toxicología forense), considerándose como el campo que identifica la lesión o la muerte causada por envenenamiento (Elliot *et al.*, 2011).

Elliot *et al.* (2011) presentan una metodología toxicológica forense aplicada en Canadá en la alteración en la anidación de una colonia de garzas (*Ardea herodias*). Esta consta de tres fases, que de acuerdo con este autor tendrían las siguientes características y aplicaciones en la salud de la fauna:

- Fase forense I: Seguimiento a la fuente. La identificación de la fuente es necesaria para poder tomar acciones para su reducción. Esta labor requiere de la información de la química ambiental del compuesto y la ecología alimentaria de la especie afectada. En caso de identificarse una industria potencialmente fuente, es necesario familiarizarse con los procesos que ésta lleva a cabo y el uso y disposición de químicos.
- Fase forense II: Toxicología del compuesto y la vida silvestre. Se debe entender los efectos del xenobiótico en las especies afectadas, e inclusive si es el caso y posible, la realización de pruebas controladas para documentarlos. Es necesario determinar las cargas ambientales y en los animales de los compuestos. Relacionar los casos con las condiciones ambientales, como por ejemplo, distancias y rutas entre las fuentes y los eventos. Los hallazgos se comparan con información histórica del lugar y la

procedente de otros lugares y especies. También se debe ponderar otras posibles causas y factores para el problema identificado y la evaluación en especies diferentes a las involucradas en el evento, como presas, predadores y especies en la cima de la cadena alimenticia.

- Fase forense III: Re-evaluación de los datos toxicológicos. Se debe evaluar si la información permite hacer relaciones causales entre las fuentes contaminantes y los efectos en la salud de la fauna silvestre. Por ejemplo, si la exposición es evidente y las especies muestran niveles del compuesto, hay respuestas químicas y morfofisiológicas medibles u otras alteraciones. También, la relación de los signos con otros factores ambientales.

Ecotoxicología del comportamiento

Dell’Omo (2002) compila una serie de trabajos que en conjunto presentan un enfoque interesante que puede representar una gran utilidad para el estudio de la salud de la fauna, mediante la relación de los efectos de los tóxicos con el comportamiento de los animales.

Este abordaje puede ser especialmente útil en lugares en los que se sospeche la exposición a químicos con efectos subletales, aunque vincular trastornos en el comportamiento con los efectos de los compuestos tóxicos puede no ser fácil. Se requiere del entendimiento de los factores inherentes de sensibilidad, la exposición química y el comportamiento.

Tabla 19. Páginas Web Citadas en el Texto y documentos disponibles en Internet del Capítulo 3.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (de Colombia)	www.dane.gov.co
Departamento Nacional de Planeación (de Colombia)	www.dnp.gov.co
Sistema de Información Ambiental de Colombia	www.siac.gov.co
OECD	http://www.oecd.org
PNUD	http://hdr.undp.org/es/estadisticas/
Organización Mundial de la Salud (OMS)	www.oms.org
Organización Mundial de la Salud Animal (OIE)	www.oie.org
FAO	www.fao.org
Organización Panamericana de la Salud (OPS/PAHO)	www.paho.org
Center for Disease Control and Prevention	www.cdc.gov
International Society for Infectious Diseases, Promed Mail	www.promedmail.org
Health Map Team con el apoyo de varios organismos internacionales	www.healthmap.org
National Biological Information Infrastructure NBII	wildlifedisease.nbii.gov
Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)	www.cenasa.gov.ar
Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG)	www.sanasag.gob.bo
Agência Nacional de Vigilância Sanitária	websphere.anvisa.gov.br
Instituto Adolfo Lutz (Brasil)	www.ial.sp.gov.br
Servicio Agrícola y Ganadero de Chile	www.sag.cl
Instituto de Salud pública de Chile	www.ispch.cl
Instituto Colombiano Agropecuario (Colombia)	www.ica.gov.co

Instituto Nacional de Salud	www.ins.gov.co
Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA)	www.cenasa.go.cr
Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK)	www.ipk.sld.cu
Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro	www.agrocalidad.gov.ec
Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)(Cuba)	www.censa.edu.cu
Instituto Nacional de Salud (Perú)	www.ins.gob.pe
Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA (Perú)	www.senasa.gob.pe
Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI) (Venezuela)	www.insai.gob.ve
USGS	http://landsat.usgs.gov/index.php
Google Earth	http://earth.google.com
Ideam	www.ideam.gov.co
Organización Meteorológica Mundial	www.wmo.ch
Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de Estados Unidos	www.noaa.gov
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	www.unep.org
Sistema las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	http://www.un.org/wcm/content/site/climate-change/lang/es/pages/gateway
Cambio Climático Global de la NASA	http://climate.nasa.gov
Programa Mundial de Investigaciones Climáticas	http://www.wcrp-climate.org/

Capítulo 4

COMUNIDADES Y POBLACIONES

Población de una especie y población de otras especies, no importa que tan grandes o minúsculas, todas juntas en un espacio y tiempo forman una comunidad...

POBLACIONES Y COMUNIDADES

Cuando en el capítulo anterior se trató el hábitat de una especie como un subconjunto de elementos bióticos y abióticos del ecosistema que permite la vida del animal, se hizo evidente el vínculo hábitat-población animal como un elemento inseparable en la práctica de la salud de la fauna. Este vínculo ha sido ampliamente estudiado por la biología y ecología, pero es menos comprendido por las áreas de la salud animal; a pesar que el entendimiento de las relaciones de los diferentes niveles de organización del ecosistema permitiría identificar, evaluar y comprender el contacto entre las agregaciones de organismos de una población, entre poblaciones de una misma especie, entre poblaciones de diferentes especies y entre comunidades que comparten o no un mismo ecosistema, incluyendo el que ocurre entre las especies parásitas con sus especies hospedadas.

En consecuencia, se puede hacer un diagrama para mostrar las relaciones del organismo, población y comunidad con el hábitat (Figura 38): se entiende que cada especie se organiza en poblaciones, definidas éstas como el conjunto de organismos que coexisten en un mismo espacio-tiempo (hábitat) y que comparten propiedades biológicas que conllevan a una alta cohesión reproductiva y ecológica; la población de una especie a su vez conforma una comunidad junto con las poblaciones de las otras especies

que coexisten en el biotopo (un área con las condiciones ambientales que proveen espacio vital al conjunto particular de animales y plantas). Así, el biotopo puede visualizarse como la unión de los hábitats de toda la comunidad; en donde algunos elementos bióticos y abióticos pueden ser usados por varias especies generando solapamiento parcial de hábitats, que en otras palabras, representa el área de competencia interespecífica por los recursos, pero también la zona que involucraría el contacto entre especies más importante, aparte del generado por la predación.

Las poblaciones de animales silvestres en cautiverio pueden definirse espacialmente con precisión: una granja, un zoológico de ciclo cerrado o un zoológico, en donde el número de animales y especies, los flujos de animales y el material genético son controlados; así como la presencia de parásitos. Si bien es cierto que el hábitat no puede aislarse completamente de su entorno por los flujos que entran y salen (aire, agua, alimentos, desechos, movimiento de otros animales como aves, vectores, etc.), estos también se controlan en mayor o menor extensión según las medidas de bioseguridad; con el tiempo y según los criterios de decisión del productor o curador, el grupo de animales de la colección tendrá una composición genética diferente a la que pueda tener las otras explotaciones, en el caso que no se haya hecho la agregación de los lugares mediante un manejo metapoblacional que los vincule.

Por otra parte, el estudio de las poblaciones y comunidades en vida silvestre normalmente no tiene elementos que le permitan identificar de manera tan precisa una población o comunidad, por lo que generalmente recurre a una aproximación local mediante la definición de un área geográfica a partir de las características del paisaje o de criterios subjetivos desde el punto de vista biológico (la extensión de un parque, un municipio, una finca, el área de influencia de una obra, etc.). Por ejemplo, se puede utilizar la identificación de factores geográficos o ecológicos que se constituyan en barreras para la reproducción de la especie, y por tanto, sugieran la independencia geográfica de los grupos en una zona. Lógicamente, el análisis de la composición genética daría mayor información, pero éste no siempre es aplicable a las necesidades del estudio de la salud de la fauna. Éste podría ser prioritario en situaciones en las que sugiera riesgo de reducción de la diversidad genética en la población (Keller & Largiadèr, 2003).

El comportamiento de las poblaciones y comunidades silvestres puede ser incierto y por

tanto, difícil de predecir a largo plazo, pues no están delimitadas, las barreras no son tan rígidas y sus dinámicas demográficas son más sensibles a los ciclos temporales definidos por el clima y los ciclos fenológicos e hidrológicos. Si bien se encuentran barreras naturales, muchas veces tan drásticas como puede ser el caso de una isla, se espera movimientos de animales y flujo genético entre grupos y entre poblaciones en distancias y dinámicas que varían por la especie. En el caso de las especies migratorias, estas se movilizan para ajustarse a la heterogeneidad espacial y temporal del ambiente como un fenómeno adaptativo, por lo que su migración representa el desplazamiento directo y persistente de una población o grupo de la especie y que tiene duración y alcance superior al de los movimientos de dispersión de individuos juveniles, pudiendo cubrir grandes superficies del globo terráqueo (por ejemplo, se ha registrado que la tortuga *Dermodochelys coriacea* puede nadar más de 20.000 km en menos de dos años y el ave *Puffinus griseus* volar 64.000 km en una migración) y por ende, la delimitación de población se dificulta, así como el concepto de pertenencia a

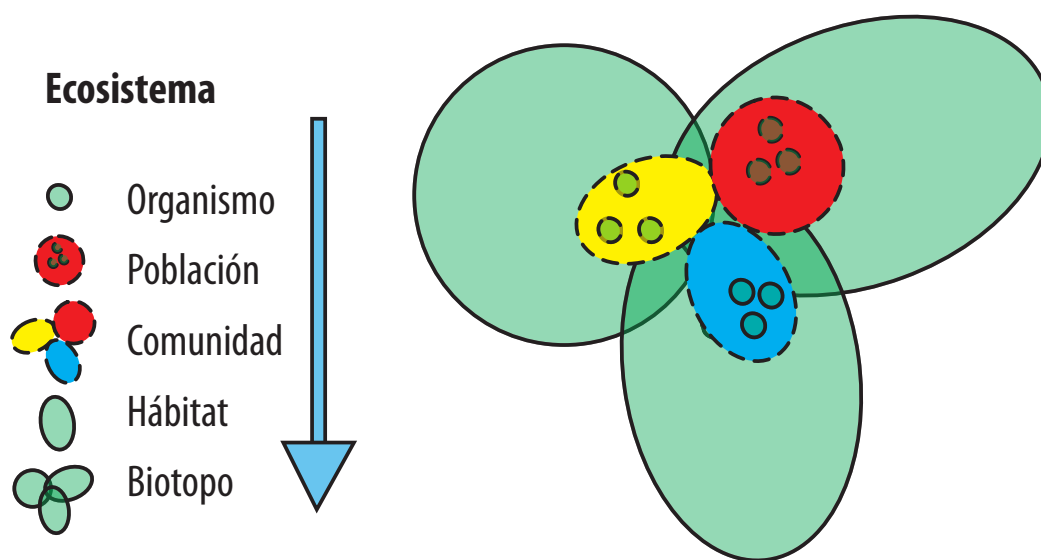


Figura 38. Representación de los niveles de organización de la vida que componen el ecosistema.

una comunidad; pudiéndose hacer una relación mediante elementos como sitio de reproducción, ruta de migración y composición genética.

De todas formas, si se considera que entre dos poblaciones diferentes (I y II) puede haber organismos que se están movilizándose de una a otra, desde el punto de vista de la medición de la salud de la fauna, el diagrama se puede construir según la Figura 39, para mostrar que:

- Un mismo animal puede hacer parte de dos o más poblaciones, comunidades y ecosistemas (Ecosistema I y II).
- Los animales que se movilizan se constituyen en un puente entre las poblaciones localizadas en ecosistemas diferentes (Ecosistema I y II), a pesar que en el caso de las especies migratorias, puede que durante su recorrido no recurran a los recursos presentes en la ruta, así éstos estén disponibles.
- El comportamiento demográfico de cada población (Ecosistema I) dependerá del

comportamiento demográfico de las otras poblaciones en las que los animales o grupos hagan parte (Ecosistema II).

- El deterioro de una población en un ecosistema (Ecosistema I) impactará a las otras poblaciones, comunidades y ecosistemas de las que los animales también hagan parte (Ecosistema II).
- Se espera flujo de los parásitos asociados a la población migratoria (vehículo) entre los ecosistemas en los que se distribuye. Esto no garantiza que el parásito ocupe ambos ecosistemas debido a que sus necesidades de hábitat difieren de las del hospedero migrante.
- El hábitat de la población migratoria que tiene distribución en dos o más ecosistemas, estaría constituido por la suma de sus hábitats en cada uno de los ecosistemas que ocupa. El espacio cubierto durante la ruta de migración podrá sumarse o no, dependiendo de si éste es utilizado o no por los animales durante el recorrido.

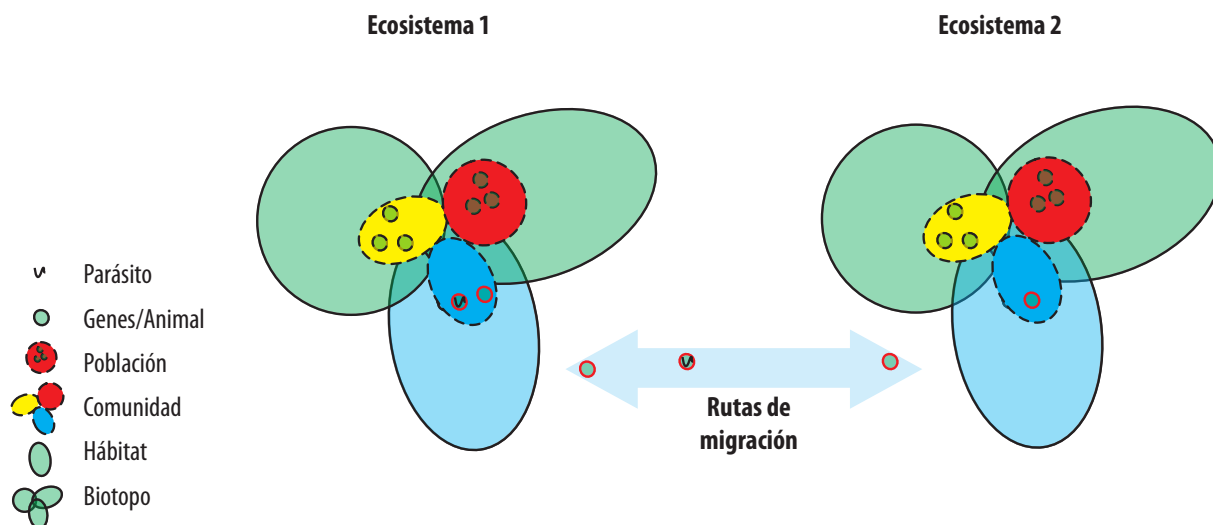


Figura 39. Comunicación mediante la movilización de animales de dos poblaciones distribuidas en ecosistemas diferentes.

Las poblaciones y comunidades se interrelacionan unas con otras inclusive en grandes distancias, formando una compleja red que involucra a todo el planeta (Figura 40). Elementos físicos como corrientes de aire y agua arrastran partículas y sustancias, como ha sucedido con los pesticidas (Gouteux *et al.*, 2008; McDonald *et al.*, 2000). También, diversas especies animales migran por mar, tierra y aire en rutas que forman un tramado complejo de contactos que vincula diferentes biomas a través del globo terráqueo, dispersando sustancias en la cadena trófica (Braune, 2007) y parásitos. Por ejemplo, los recientes brotes de influenza aviar que involucran poblaciones de aves silvestres tendrían relación con el comportamiento, dieta, uso de hábitat, patrones de migración, tamaño y frecuencia de agregación de las especies hospedadoras (Munster & Fouchier, 2009); así como la papilomatosis en tortugas marinas que se ha registrado en una amplia área de la franja neotropical desde la década de 1980 (A. A. Aguirre & Lutz, 2004; Landsberg *et al.*, 1999).

Ejemplos recientes de la dispersión de parásitos en grandes áreas con efectos dramáticos sobre poblaciones y comunidades animales y de las cuales hay varias hipótesis sobre los factores involucrados en su emersión, incluyen el virus del Nilo Occidental que llegó a Norte América y se dispersó en pocos años causando mortalidades masivas en diversas especies de aves y la quitriomicosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) que en poco tiempo se ha difundido en varios continentes e inclusive ha invadido lugares prístinos difícilmente accedidos por el ser humano.

De estos casos ampliamente abordados por la literatura científica, es posible deducir que en la actualidad diferenciar si hay o no efecto humano en los eventos que influyen sobre las poblaciones y comunidades de fauna no es pertinente, debido a que éste genera disturbios inter-ecosistémicos regionales y globales que difícilmente podrían separarse del estado y comportamiento local. Por

lo tanto, el aproximarse al estudio de las poblaciones y comunidades dentro del contexto de la salud de la fauna significa entender las relaciones complejas que pueden estar influyendo en su estado, lo que requiere de la visualización de las relaciones entre poblaciones en la comunidad y con otras comunidades. Por ejemplo, no se puede abordar el estudio de una especie migratoria o un lugar cuya comunidad cuenta con especies migratorias, sin buscar información secundaria sobre los eventos que ocurren en aquellos ecosistemas en los que la especie se distribuye. Así, un análisis de riesgo de influenza aviar como el que se vio en el Caso 2-2, requiere del conocimiento, no sólo de la epidemiología del parásito, sino de las dinámicas de migración de las especies de aves que llegan a Colombia, las épocas y sitios que visitan, las especies residentes con las que tienen contacto, reportes de estudios de los lugares en los que se distribuye, etc.

Entonces, el entendimiento del estado de una población animal en vida silvestre no puede aislarse del hecho que ésta hace parte de la comunidad, debido a lo cual para el estudio de la fauna en tres niveles interesan ambas, a pesar que tradicionalmente los trabajos en salud animal se preocupan por individuos y/o poblaciones y por tanto, se enfocan principalmente en una especie o una enfermedad pasando con frecuencia por alto las relaciones entre las poblaciones que componen la comunidad ecosistémica.

Si bien es cierto que el estudio de las comunidades desde el punto de vista de la ecología se puede describir como la predicción de las propiedades de las agregaciones de las poblaciones y el de las poblaciones como la predicción de las propiedades de las agregaciones de los individuos, y por tanto ambos niveles pueden dividirse en la teoría y práctica para su estudio (Keddy, 1992); en el caso de la salud de la fauna hay elementos y relaciones que hacen pertinente aproximarse a la población integradamente con la comunidad

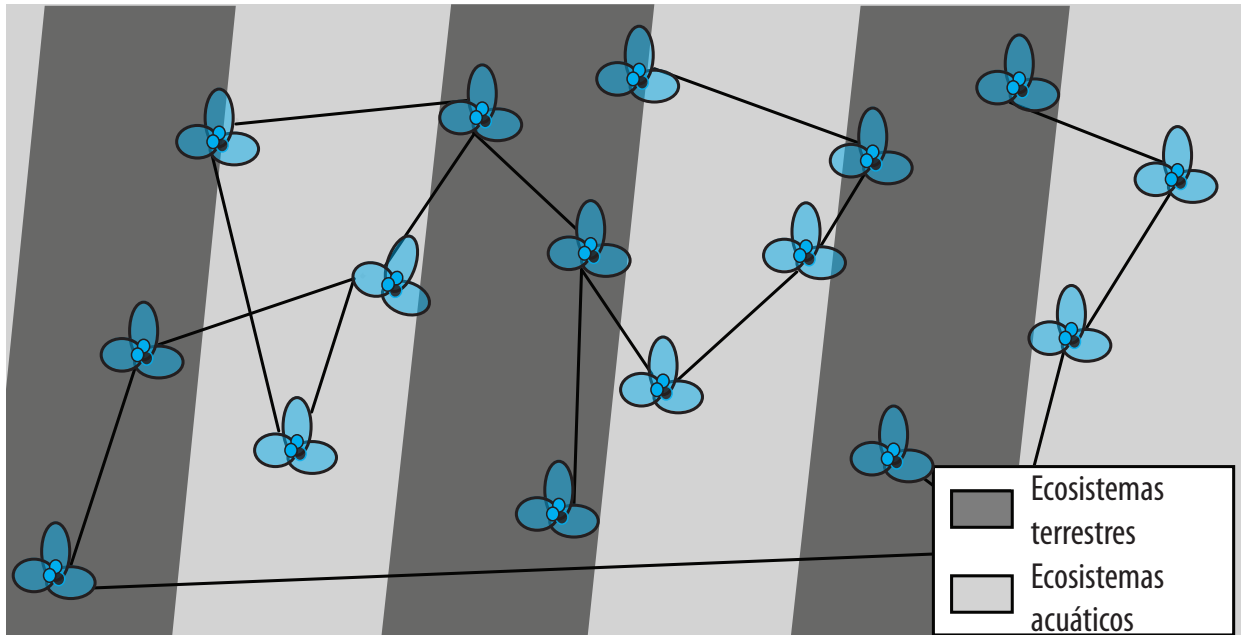


Figura 40. Las poblaciones y comunidades animales y parasitarias se interrelacionan formando una compleja red global que incluye ecosistemas terrestres y acuáticos.

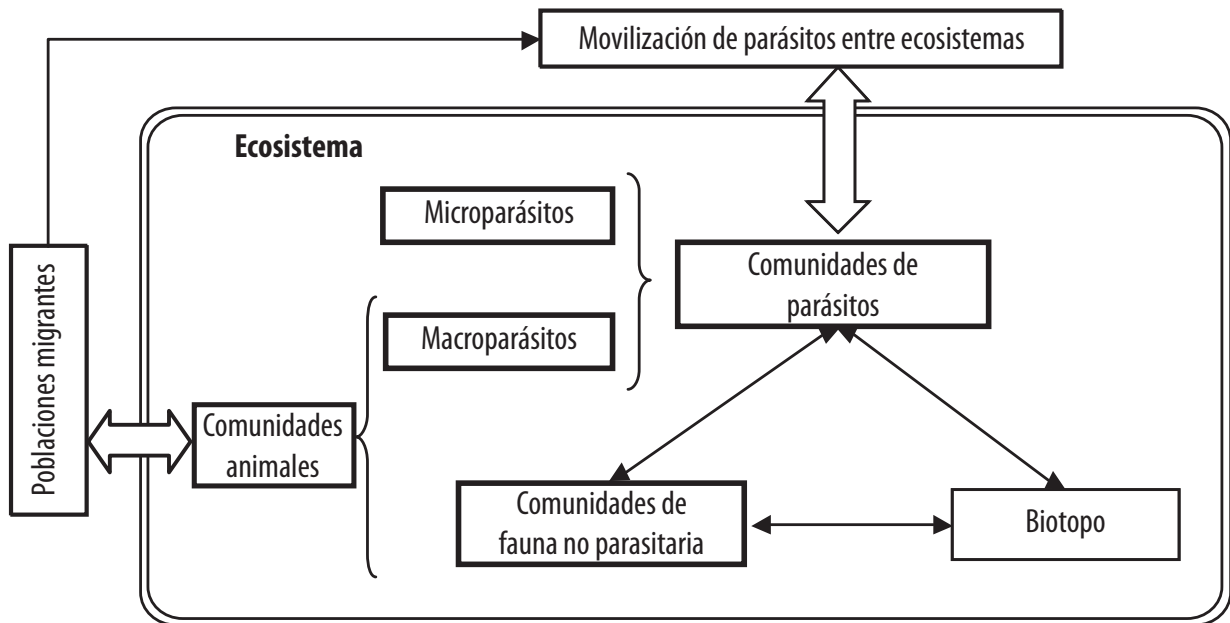


Figura 41. Relación de las comunidades bióticas con la fauna en el ecosistema.

para agrupar la información y facilitar su relación con los niveles de estudio individuo y el hábitat. Esto facilita la planeación, colección de datos y análisis; por lo cual aquí se plantea su aproximación como un solo nivel (población/comunidad).

Entonces, y de acuerdo con la Figura 25, las comunidades desde el punto de vista de interés de la salud de la fauna pueden visualizarse como parasitarias y no parasitarias para identificar las diversas relaciones que definen su estado y así facilitar el entendimiento de las dinámicas entre los organismos (Figura 41). Esta división también es pertinente si se considera que de acuerdo con Poulin (2010) hay sugerencia, a pesar que todavía es prematuro sacar conclusiones, de que el gradiente latitudinal de riqueza específica de la biodiversidad no se ajusta a los parásitos o su relación sería muy débil, o en otras palabras, no habría más especies parasitarias en el trópico que en las zonas templadas, como si ocurre con las otras especies.

LAS COMUNIDADES DE PARÁSITOS

En coherencia con la teoría y práctica de la salud de la fauna que se ha venido presentando en este libro, el término parasitismo en vida silvestre debe contextualizarse más allá de su relación patógena, para entenderse como una estrategia evolutiva en la que el organismo toma la energía de otros animales a través de un relación continua y cercana, que puede durar a través de toda su vida. También, hay suficientes argumentos para aceptar que los parásitos contribuyen con la estructura y funcionamiento del ecosistema, por lo que la aproximación desde el punto de vista de la medicina (humana y veterinaria) tradicional no es apropiada para los objetivos del estudio de la salud de la fauna.

En otras palabras, mediciones aisladas cualitativas como presencia o no del parásito en una población huésped en un ecosistema (por ejem-

plo, mediante pool de muestras) y cuantitativas, como la cuantificación de la infestación de parásitos en el huésped (número de huevos por gramo de heces en un animal o la prevalencia puntual de un parásito en una población en un momento en un ecosistema), no tienen mucho valor sino se vinculan con datos sobre las dinámicas espacio temporales poblacionales y de la comunidad y el estado del ecosistema, pues las comunidades de parásitos conviven con los huéspedes en vida silvestre en relaciones coevolutivas que pueden derivar inclusive en el beneficio de la población, comunidad y ecosistema.

Poner en práctica esta teorización puede no ser tan fácil, pues la persona que trabaja con fauna generalmente tiene la necesidad inmediata de identificar, responder y cuantificar el efecto del evento de enfermedad en una población, más que entender la complejidad de su ocurrencia y función ecológica, por varias razones que son lógicas:

- 1/. En el corto plazo el brote de una enfermedad se percibe como negativo debido a la alteración en el bienestar animal y poblacional,
- 2/. El brote de una zoonosis puede dispersarse a las poblaciones humanas debido a lo cual su control se constituye en una preocupación de salud pública. Las enfermedades emergentes provenientes de vida silvestre se consideran una prioridad mundial,
- 3/. La enfermedad que brota en vida silvestre puede afectar los sistemas productivos y conllevar pérdidas económicas, por lo que se constituye en prioridad de salud animal. Este aspecto es relevante si se considera que las enfermedades pecuarias pueden causar reducción de más del 25% de la producción pecuaria mundial,
- 4/. Una enfermedad en especies silvestres puede conllevar a la extinción local de una especie, efecto que se considera dramático dentro de los paradigmas actuales de conservación,
- 5/. Con frecuencia, las funciones y estructura de los ecosistemas se transforman en una gran extensión, pero de forma paulatina (a través de años, décadas y siglos)

e irreversible; conllevando modificaciones en las comunidades bióticas que van pasando desapercibidas. Por tanto, en los ecosistemas no prístinos puede ser difícil entender y evaluar las relaciones del ecosistema con las dinámicas parasitarias. 6/. La salud del ecosistema no es normalmente un objetivo de trabajo.

Para dimensionar la percepción y actitud humana hacia una comunidad parasitaria es necesario comprender que el concepto de parásito en las ciencias médicas se asocia al de patógeno, es decir se entiende como un organismo con capacidad de producir enfermedad o disturbio en el huésped. Este disturbio desde el punto de vista de la ecología puede visualizarse en términos más amplios al de lesión en el organismo, por ejemplo al considerar como parásito a un vertebrado que coloniza el nido de otro y lo desplaza.

La cuantificación y cualificación de la magnitud de "malignidad" de un parásito se deriva de la potencialidad de generación de daño a la especie que parasita (huésped), que desde el punto de vista biomédico se define mediante los conceptos ampliamente difundidos de patogenicidad y virulencia (Tabla 20).

Casadevall & Pirofski (2001) mencionan algunas limitaciones del uso de estos términos porque consideran que subestiman el significado de las relaciones parásito-huésped, e inclusive argumentan que virulencia y patógeno son obsoletos para describir la patogénesis microbial. Por ende, concluyen que la virulencia tendría que entenderse como una variable dependiente de la naturaleza y contexto de la interacción entre el parásito y el huésped; lo que es relevante para la teoría y práctica del estudio de la salud de la fauna que considera elementos y relaciones de las comunidades animales y del hábitat, además de individuo y poblaciones.

El abordaje multidisciplinario (inter y transdisciplinario) de la salud de la fauna hace necesario entender el significado de patogenicidad y viru-

lencia para los diversos campos del conocimiento; para lo cual son útiles las compilaciones de literatura realizadas por Shapiro-Ilan *et al.* (2005) y Casadevall & Pirofski (1999).

De la Tabla 20 se puede deducir que dentro y entre las disciplinas médicas, zoológicas y botánicas hay diferencias fundamentales en la conceptualización de patogenicidad y virulencia que generan confusión y dificultan independizar los dos términos. Ambos se relacionan indiscriminadamente con la capacidad de invasión del parásito, la capacidad y extensión de generar daño y enfermedad en los huéspedes, y la producción de mortalidad. Ninguno, acorde con lo dicho por Casadevall & Pirofski (2001), tiene en cuenta la relación huésped-parásito lo que a su vez en este caso, limitaría la comprensión de la estructura y función ecológica de las comunidades de parásitos en el ecosistema y sus relaciones con otras comunidades bióticas.

Es claro que estos términos tienen un uso limitado en el contexto de la salud de la fauna en ecosistemas naturales si se quiere entender la capacidad de un parásito de causar daño en una especie o comunidad huésped; para lo cual el interés debería enfocarse en los mecanismos y efectos de las relaciones parásito-huésped. Esto sin embargo, puede no ser fácil debido a que podemos esperar un comportamiento caótico, debido a que el resultado de las interacciones parásito-huésped puede ser individual y depender de las relaciones bióticas y abióticas de las comunidades que en los sistemas naturales son complejas a diferencia de los sistemas productivos humanos (Casadevall & Pirofski, 2001).

Esto representa un problema, por ejemplo desde el punto de vista de la medicina, para la predicción de la patogénesis parasitaria en animales silvestres debido a las diferencias inter-específicas de los sistemas inmunes y el pobre conocimiento sobre los sistemas en muchas especies y de los factores de virulencia. Si se hace

una aproximación a la patogenicidad y virulencia dentro de un contexto ecológico, es evidente que estos conceptos son difíciles de precisar.

El parásito hace parte de una comunidad dentro de la cual genera relaciones de competencia con otros organismos y se enfrenta a una gama de retos dentro del huésped y en el ambiente externo que influyen en la patogénesis (Belden &

Harris, 2007). Es más, algunos autores sugieren que en ocasiones los parasitismos pueden derivar en beneficio para el huésped, como por ejemplo es el caso del acantocéfalo *Polymorphus minutus* que incrementa la tolerancia a la salinidad de *Gammarus roeseli* (Crustacea: Gammaridae), característica que favorecería procesos de invasión biológica (Piscar, Webb, & Beisel, 2007).

Tabla 20. Revisiones de literatura en varias áreas del conocimiento, sobre los conceptos patogenicidad y virulencia.

Término	Medicina y microbiología (Casadevall & Pirofski, 1999)	Patología de invertebrados Shapiro-Ilan et al. (2005)	Patología vegetal Shapiro-Ilan et al. (2005)
Patogenicidad	<p>En relación con la enfermedad: -La capacidad de un microbio de producir enfermedad</p> <p>En relación con el daño o lesión: -La capacidad de un microbio de causar daño en el huésped</p>	<p>En relación con la invasión: -La habilidad de invadir y dañar los tejidos del huésped. Aplica a los grupos o especies de patógenos.</p> <p>En relación con la enfermedad: -La cualidad o estado de ser patogénico. La habilidad potencial para producir enfermedad. -La habilidad de una cepa o especie de microorganismo para producir enfermedad en varios huéspedes. El término se usa cualitativamente. -La cualidad o estado de ser patogénico: la habilidad potencial de producir enfermedad aplicada a grupos o especies.</p> <p>En relación con la mortalidad: -El número de individuos muertos en relación con el número de individuos expuestos al patógeno.</p> <p>Otros -La cualidad de ser patogénico -Casi un sinónimo de virulencia pero aplicado a grupos o especies.</p>	<p>En relación con la enfermedad: -Término amplio para referirse a la habilidad de un microorganismo para causar enfermedad. -Capacidad cuantitativa para causar enfermedad; la capacidad total de inducir enfermedad de un factor biótico o abiótico.</p>

Término	Medicina y microbiología (Casadevall & Pirofski, 1999)	Patología de invertebrados Shapiro-Ilan et al. (2005)	Patología vegetal Shapiro-Ilan et al. (2005)
Virulencia	<p>En relación con la invasión: -Capacidad relativa de entrar y multiplicarse en un huésped dado; de superar las defensas. -Propiedad de de la fuerza invasiva La virulencia es generalmente el resultado de la selección natural buscando la transmisión (R. A. Weiss, 2002).</p> <p>En relación con la enfermedad: -Un sinónimo de patogenicidad -Grado de patogenicidad -Potencia de la actividad patógena -Severidad de la enfermedad definida por la reducción de la condición seguida de enfermedad</p> <p>En relación con la mortalidad: -Porcentaje de muerte por infección</p> <p>En relación con el daño o lesión: -Medida de la capacidad de un microorganismo de infectar o dañar un huésped -La capacidad relativa de un microbio de causar daño en un huésped*</p>	<p>En relación con la invasión: - Poder de producir enfermedad de un patógeno; la habilidad para invadir y dañar los tejidos del huésped. La capacidad relativa de un microorganismo para sobrepasar los mecanismos de defensa del huésped.</p> <p>En relación con la enfermedad: -Poder de producir enfermedad de un organismo. Grado de patogenicidad dentro de un grupo o especie. -Grado de patogenicidad contra una especie huésped in condiciones controladas dentro de un grupo o especie de microorganismos. Término indicador de cantidad. -La calidad de ser virulento; la calidad de ser venenoso; poder de producir enfermedad de un organismo. - Poder de producir enfermedad de un patógeno; la habilidad para invadir y dañar los tejidos del huésped. El grado de patogenicidad dentro de un grupo o especie. El grado de patogenicidad dentro de un grupo o especie.</p> <p>En relación con la mortalidad: -El número de individuos muertos en relación al número infectados.</p>	<p>En relación con la enfermedad: - Habilidad de un parásito para incitar una reacción y causar enfermedad</p> <p>En relación con el daño o lesión: Capacidad relativa para dañar un huésped</p> <p>Otros -El grado de patogenicidad de un patógeno dado.</p>

Las diferentes posiciones sobre la conceptualización de patógeno, patogenicidad y virulencia tiene repercusiones teóricas y prácticas importantes. Además de dificultar el diálogo interdisciplinario, puede generar conflictos entre los objetivos y principios fundamentales de las diversas disciplinas, como podría ilustrar el ejemplo la Figura 42. La abundancia y riqueza de parásitos en un sistema se considera indeseable desde el punto de vista de la medicina veterinaria tradicional por considerarse una amenaza para la salud de una especie huésped de interés (por ejemplo, el ser humano o un animal doméstico), mientras que desde el punto de vista de la ecología se considera la abundancia y riqueza de biodiversidad, que incluye a las comunidades parasitarias, un elemento de salud del ecosistema. En otras palabras, la corriente médica propende por la reducción, mientras la ecológica por la complejidad.

Los ecosistemas naturales son complejos en su estructura y funcionamiento, y como se ha tratado en varias partes del presente libro, involucran desde ambas dimensiones a las comunidades parasitarias. Entonces, es razonable pensar que es pertinente hacer la aproximación teórica y práctica, no sólo a la salud sino al estudio de las

enfermedades, dentro de un contexto ecológico, en adición al médico, cuando se piensa en el largo plazo y se quiere entender las complejas relaciones de las dinámicas de las enfermedades y las poblaciones animales (Belden & Harris, 2007).

Tratar a los parásitos como comunidades que se agregan heterogéneamente en vida libre y/o en poblaciones de huéspedes incentiva la aproximación múltiple al parasitismo, pues tradicionalmente la medicina y la epidemiología se enfocan en el sistema de un parásito, a pesar que es ampliamente aceptado que un huésped alberga múltiples especies.

La aproximación múltiple facilita la identificación y entendimiento de las interacciones entre los parásitos en el organismo que influyen en su patogenicidad y virulencia y lógicamente, en la dinámicas de la enfermedad en una población o comunidad de huéspedes (Pedersen & Fenton, 2006). Por ejemplo, Jolles *et al.* (2008) mostraron que la coinfección entre nemátodos gastrointestinales y tuberculosis bovina en búfalos africanos (*Syncerus caffer*) en vida libre favorecía la transmisión y progreso de la enfermedad y aceleraban la mortalidad de los animales coinfectados. Además, habría relaciones entre la abundancia entre

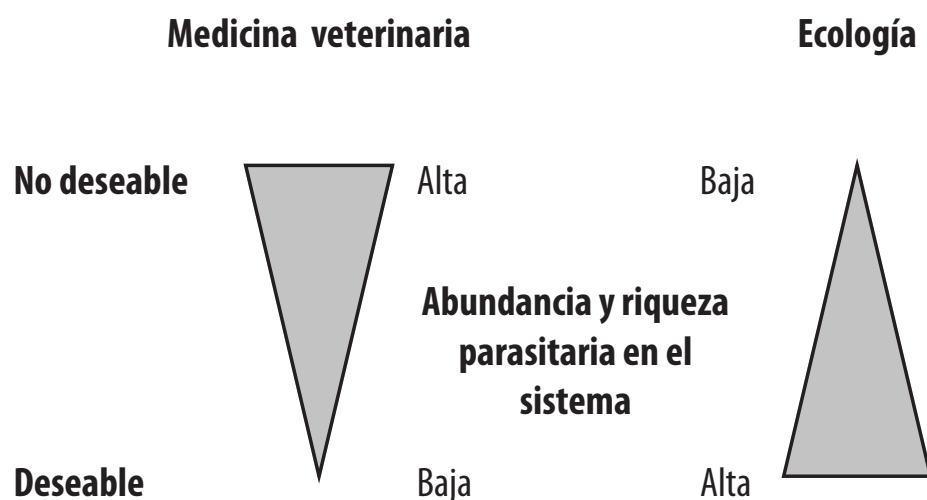


Figura 42. Percepción de la diversidad parasitaria para la salud de acuerdo a la medicina veterinaria y la ecología.

grupos de parásitos: la abundancia de virus en un ecosistema se relaciona con la abundancia o actividad de las bacterias, lo que se sugiere la importancia de los fagos en la dinámica de las células procariontas, posiblemente con consecuencias en la cadena alimenticia y la diversidad de huéspedes (Weinbauer, 2004).

Los parásitos pueden ser predados y parasitados, lo que reduce la transmisión e infección a los huéspedes al final de la cadena (P. T. J. Johnson et al., 2010).

Microparásitos y macroparásitos

En este libro se utiliza ampliamente los términos macroparásito y microparásito (R. M. Anderson & May, 1979), debido a que al criterio de los autores, es adecuado cuando se quiere hacer una aproximación al significado biológico de parasitismo desde el punto de vista médico-ecológico.

Las características de los dos grupos según Anderson & May (1979), Hudson et al. (2002) y Poulin (2011) se presentan en la Tabla 21, pues de acuerdo con este último autor, los alcances de la clasificación tienen que comprenderse mucho más allá del criterio puramente taxonómico, como erróneamente ha venido sucediendo con frecuencia.

Las clases microparásito y macroparásito corresponden a una división a partir de características múltiples que tiene ventajas sobre otras tipologías para la comprensión del parasitismo, ya que permiten asociar las características estructurales y biológicas del parásito con conceptos como patogenicidad y virulencia y con algunas variables epidemiológicas. Éstas sin embargo, no son excluyentes con las otras categorizaciones tradicionales hechas a partir de características individuales, como por ejemplo, la penetración del parásito (endo, meso y ectoparásitos) y su localización en los sistemas del huésped (gastrointestinales, pulmonares, cutáneos, etc.), su tiempo de permanencia en el huésped (permanente, temporal, periódico), su

capacidad de producir lesión o enfermedad (patógenos, no patógenos), el patrón de su ciclo de vida (simple, complejo) y su necesidad por el huésped (obligatorio, facultativo, accidental).

Un grupo que representa dificultad para su categorización como micro o macroparasitario es el conocido como Mesozoa, un nivel de organización de los metazoarios menos complejo que eumetazoa (grupo en el que se le ha relacionado con los platelmintos), en el que se encuentran los parásitos de invertebrados acuáticos *Orthonectida* (0,05-0,8 mm, ciclo de vida complejo y puede suceder completo en corto tiempo en un huésped) y *Dicyemida* o *Rhombozoa* (0,1-5 mm; ciclo de vida con dos fases con diferentes patrones corporales que corresponden a las fases sexual y asexual, puede suceder completo en corto tiempo en un huésped, muchas especies son huésped-específicas) (Rohde, 2005).

Dinámicas de las poblaciones microparasitarias

De acuerdo con la concepción de Anderson & May (1979), una diferencia primordial entre los macroparásitos y los microparásitos no sería su tamaño, sino la capacidad de reproducción dentro del huésped; ya que de ésta resulta que haya dependencia o no de la virulencia con la intensidad o número de parásitos que infectan.

Para Poulin (2011), la virulencia entendida como el impacto en la condición o supervivencia del huésped, en los microparásitos no depende del número de los eventos separados de infección. En la Figura 43 se ilustra la dinámica microparasitaria a partir de las características para el grupo descritas en la Tabla 21, tomando como ejemplo el ciclo selvático de la fiebre amarilla en Latinoamérica en el cual *Haemagogus*, un culicido de dosel, es el vector reconocido. Los registros de la región demuestran ciclicidad de los eventos epidémicos, los cuales son precedidos por epizootias. Los monos aulladores (*Alouatta*)

Tabla 21. Características de los microparásitos y macroparásitos de acuerdo con Hudson *et al.* 2002, Poulin 2011.

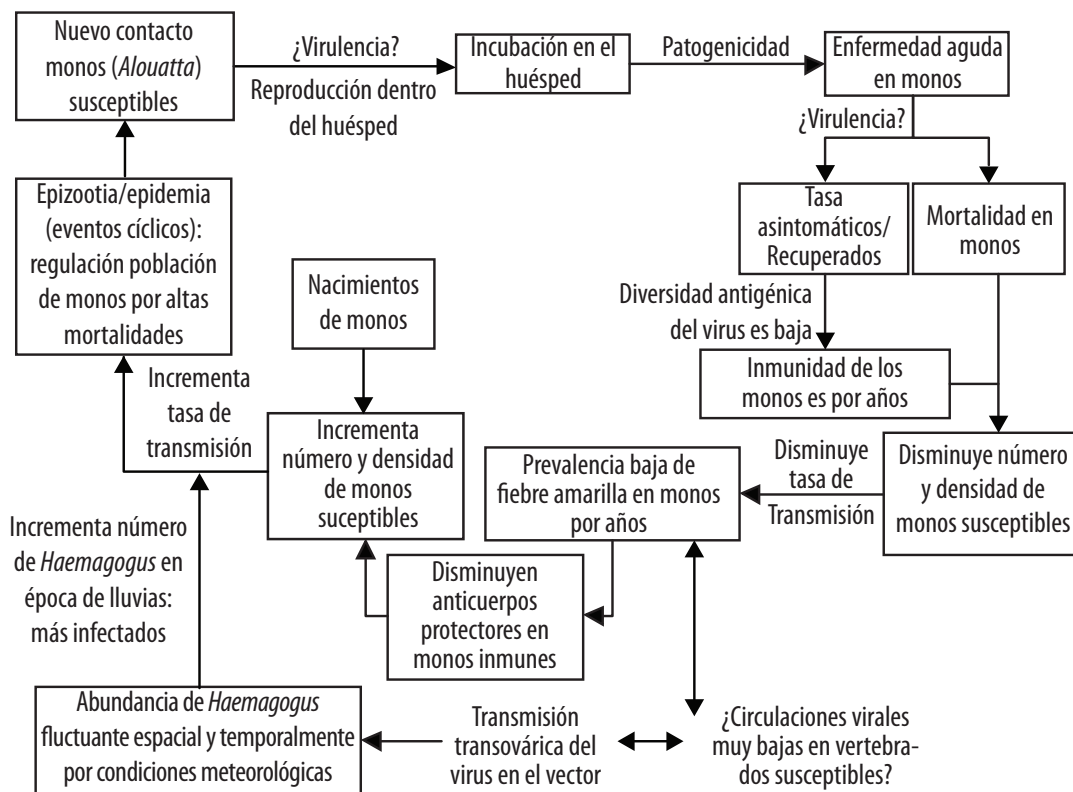
Criterio	Macroparásitos	Microparásitos
Reproducción	-Reproducción directa, raramente ocurre en el huésped definitivo. -Usualmente ocurre vía transmisión de estadios de vida libre infectivos que pasan de un huésped a otro. Una excepción son los platelmintos monogéneos <i>Dactylogyrus</i> y <i>Gyrodactylus</i> (parásitos de amplia distribución mundial de peces, anfibios y reptiles que presentan un solo huésped (Cable & Harris, 2002)	-Tienen a tener una reproducción rápida dentro del huésped - No presentan un estadio infectivo
Tamaño	Macroscópicos	Microscópicos
Cantidad por huésped	Contables	Incontables
Periodos generacionales	Largo	Corto
Diversidad antigénica	Alta	Baja
Inmunidad	Corta	Frecuentemente duradera y/o de por vida.
Curso	Tendencia a ser crónico	Agudo – crónico.
Patogenicidad	Dependiente de la intensidad: Los modelos de la dinámica de la enfermedad dependen de la intensidad. Generan morbilidad más que mortalidad	Independiente de la intensidad. Es posible hacer modelos compartimentales de la dinámica de la enfermedad
Dinámica epidemiológica	Infecciones que tienen a ser endémicas. De acuerdo con la revisión de Jones <i>et al.</i> (2008) de 335 eventos de emergencia de patógenos infecciosos, el 3.3% corresponderían a macroparásitos.	Endémicos y epidémicos. Frecuentemente, las epidemias se presentan en ciclos (oleadas) que dependen del tamaño de la población susceptible. De acuerdo con la revisión de Jones <i>et al.</i> (2008) de 335 eventos de emergencia de patógenos infecciosos, el 96,7% corresponderían a microparásitos.
Regulación de poblaciones de huéspedes	Ocurre cuando la producción relativa de estadios infectivos parasitarios <i>per cápita</i> es mayor que la tasa de crecimiento ponderada de toda la población huésped, es decir cuando una gran cantidad de parásitos se agregan en una pequeña proporción de la población. Es dependiente de la fecundidad del parásito, mortalidad del parásito, efecto sobre la fertilidad del huésped, mortalidad del huésped y grado de agregación parasitaria en el huésped	Requiere que el impacto del patógeno <i>per cápita</i> exceda la tasa intrínseca de crecimiento de la población de huéspedes. Es dependiente principalmente de la mortalidad y la tasa de transmisión
Grupos taxonómicos más característicos	Acantocéfalos, Platelminetos, Nematodos y Artrópodos. Algunas tipologías incluyen a otros grupos, como plantas (parásitos de otras plantas) y vertebrados (Begon, Townsend, & Harper, 2006; Brown, 1987).	Por lo general se reconoce a Virus, Bacteria, Fungi y Protozoarios. También incluiría Myxozoa.

son especialmente sensibles al virus (Flavivirus), por lo que en el momento de la epizootia normalmente se registran mortalidades altas con reducción de sus poblaciones. Así, el ciclo de la fiebre amarilla en el bosque correspondería al número y densidad de monos susceptibles que determinarían las tasas de contacto y transmisión.

Como puede notarse, el concepto de virulencia se coloca intencionalmente en interrogación en dos partes del diagrama: en el momento después del contacto en que se define la capacidad de invasión del virus, y cuando se presentan la enfermedad, como un grado de la patogenicidad. Esto se debe a la confusión en el término que se presenta en la actualidad, lo que como se ilustra aquí, tiene efectos negativos importantes en el entendimiento de las enfermedades.

Virus, viroides y priones: ¿Conforman comunidades biológicas?

Los virus representan un profundo interés para el estudio de la salud de la fauna por considerarse dentro de los microparásitos. Sin embargo, esta clasificación no está exenta de la problemática biológica que se genera por la dificultad de definir su naturaleza, lo que tiene implicaciones teóricas y prácticas desde el punto de vista científico, técnico y legal importantes y que deriva en el cuestionamiento fundamental de qué es vida y por ende, qué es biodiversidad. Por tanto, es necesario tener claridad sobre la naturaleza de los virus, más allá del interés que pueda general la discusión conceptual sobre que es la vida (ver por ejemplo a Mahner & Bunge, 1997), la que se sale de los propósitos y alcances de este libro.



Convenciones: Los cuadros con borde negro representa dinámicas de los huéspedes; los cuadros sin borde representa dinámicas del virus.

Figura 43. Ilustración a partir de la fiebre amarilla selvática de cómo las características de los microparásitos determinan las dinámicas copoblacionales (parásitos y huéspedes).

El problema de la identidad biológica independiente de los virus puede ponerse en duda a partir de varios argumentos. Aunque algunos los nombran como entidad biológica por el hecho de poseer algunas propiedades de los seres vivos, como tener genoma, utilizar células para su replicación y evolucionar; está altamente aceptado que no pueden ser considerados como organismos biológicos debido a que no poseen lo que se denomina las cualidades mínimas del ser viviente: realización de actividades metabólicas autónomas, habilidad de capturar y almacenar la energía libre y autopoiesis (Van Regenmortel, 2007; Varela, Maturana, & Uribe, 1974). En consecuencia, la célula sería el mínimo sistema viviente o el biosistema elemental (Mahner & Bunge, 1997), lo que es coherente con los dominios taxonómicos Archaea, Bacteria y Eukarya formulados por Woese *et al.* (1990) a partir de características moleculares.

No hay duda que los virus se constituyen en una entidad debido a que representan una unidad con algunas características que se asemejan a los organismos, que inclusive coevoluciona con sus huéspedes. Pero, si se acepta que no son vivos, no serían biológicos pues carecerían por sí mismos de fenómenos vitales, a pesar que los estarían modulando a través de la célula. En otras palabras, los virus no harían parte de la biodiversidad, si se considera ésta como la *"variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos, y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad existente dentro de cada especie, entre las especies y de ecosistemas"* (Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica, 1992).

Esto puede conllevar a algunos problemas prácticos en el estudio de la fauna por las consecuencias legales en algunos países latinoamericanos. Por ejemplo, la Comunidad Andina de Naciones definen como recurso biológico a los *"individuos, organismos o partes de éstos, pobla-*

ciones o cualquier componente biótico de valor o utilidad real o potencial que contiene el recurso genético o sus productos derivados" (CAN, 1996). Puede pensarse que los virus no entran dentro de esta clasificación al no ser considerados como un organismo vivo o parte de éste y por ende, no se constituyen en componente biótico, como si lo serían los cloroplastos y las mitocondrias. Por otra parte, si se podrían considerar como material genético en concordancia con el Convenio de Diversidad Biológica (1992), el cual lo define como *"todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia"*, ya que los virus caerían en la clasificación de "otro tipo" debido a que no pertenecen a las otras categorías.

Sin embargo, la denominación "entidad biológica" no es clara y más bien genera confusión, pues el concepto por sí mismo precisamente significa ser, que en este caso, es ser biológico. Por esta razón es comprensible que en la actualidad a la luz de los nuevos hallazgos sobre los virus, algunos autores (ver a Forterre, 2010), argumenten que debería considerarse ser vivo a cualquier ensamble molecular y celular de órganos integrados, que produzca individuos que evolucionen a través de la selección natural. Consecuentemente, Raoult & Forterre (2008) proponen dos grupos mayores de seres vivos: los organismos codificados por ribosomas (los descendientes del último ancestro común universal: Archaea, Bacteria y Eukarya) y los organismos codificados por cápsides (virus).

La propuesta de Forterre (2010) de considerar el nivel de organización de los virus como seres vivos podría apoyarse en el hecho que en el nivel de poblaciones y comunidades está ampliamente aceptado que los virus tienen el comportamiento de seres bióticos, con dinámicas de reproducción, movilidad y muerte que contribuyen a la biodiversidad poblacional (Snyder *et al.*, 2007). Villareal (2004) define a los virus como parásitos genéticos

moleculares que utilizan los sistemas celulares para su propia replicación. Desde el punto de vista médico y ecológico, los virus comparten las mismas propiedades de los otros microparásitos (ver Tabla 22) y se relacionan con otras comunidades de organismos vivos en interacciones positivas y negativas (Pedersen & Fenton, 2006). Inclusive, los virus como otros parásitos coevolucionan con sus huéspedes procariotes y eucariotes (Fussmann, Loreau, & Abrams, 2007) y podrían constituirse en ejes fundamentales de la evolución de ambos (Brosius, 2003).

Muchas de sus funciones ecológicas siguen siendo desconocidas, pero cada día es más claro su papel en la cadena trófica, la regulación de las bacterias y la evolución biológica. Esto permite pensar que en la presente década vayan a ocurrir cambios algunos paradigmas actuales sobre los virus, sus relaciones con los huéspedes, su función ecológica y por tanto, la aproximación a las enfermedades virales en vida silvestre.

Un reto aun más grande que los virus, lo representan otras estructuras acelulares infecciosas de pequeño tamaño, identificadas más recientemente, los viroides en 1970 y los priones en 1982. En la Tabla 22 se muestran las características de los virus, viroides y priones; de la cual se quieren resaltar dos aspectos fundamentales: los virus y viroides contienen genoma mientras que los priones no y hasta el día de hoy se han identificado virus y priones que afectan a las especies animales pero no de viroides, que afectan únicamente especies vegetales. Aunque el uso del concepto comunidad desde el punto de vista ecológico es difundido para los virus, no lo es para los viroides y priones; los que no parecen estar contemplados como parásitos. Es más, algunos autores dudan que estos últimos sean agentes etiológicos por sí mismos, debido a que se desconoce el mecanismo por el cual el príon Prpc pasa a la forma patógena PrpSc (Manuelidis, Yu, Barquero, Banquero, & Mullins, 2007; Wang *et al.*, 2010).

Otra forma infectiva que no entra en las categorías anteriores y es menos conocida la representa clones de líneas celulares. En vida silvestre se reportan dos enfermedades por esta causa. El cáncer facial del demonio de Tasmania (*Sarcophilus harrisii*) que desde su emersión en 1996 ha producido el declive del 60% de la población natural de la especie y el tumor venéreo transmisible canino de distribución global en perros; éste puede afectar cánidos silvestres (McCallum, 2008; Murgia, Pritchard, Yeon Kim, Fassati, & Weiss, 2006).

Dinámica de las poblaciones

macroparasitarias en el sistema: la agregación

Se considera que los organismos se constituyen en ambientes heterogéneos que se ensamblan formando comunidades que utilizan de manera heterogénea los diferentes recursos que les brinda el huésped. De la Tabla 21 es fácil deducir que las dinámicas de los macroparásitos tienen que ser diferentes a las de los microparásitos. En los macroparásitos la virulencia es dependiente de la intensidad (número de individuos de una misma especie que invaden e infectan un huésped), ya que a excepción de los céstodos hydatidos, monogéneos y piojos, no se reproducen en el huésped. De igual forma que puede esperarse con las poblaciones animales, los parásitos no se distribuyen homogéneamente en su hábitat, sino que pueden encontrarse bahías.

Wilson *et al.* (2002) tratan la heterogeneidad en las infecciones de macroparásitos y su agregación en los huéspedes. De acuerdo con estos autores, lo macroparásitos se agregan de manera tal, que el mayor número de parásitos se encuentra en un pequeño número de huéspedes. Es decir, pocos animales juegan un papel importante en el mantenimiento y transmisión de las poblaciones parasitarias. La heterogeneidad en la distribución parasitaria se puede relacionar con heterogeneidades de la población de huéspedes, por factores

Tabla 22. Características de los virus, viroides y priones.

	Virus	Viroides	Priones
Tamaño	10 y 300 nanómetros de diámetro	246 a 399 nucleótidos	27 nanómetros
Genoma	Un ácido nucleico (ADN o ARN) y una (cápside).	ARN de cadena simple, cerrada covalentemente o con forma de bastón de bajo peso molecular.	No. Partícula proteica compuesta únicamente por aminoácidos.
Envoltura proteica (Cápside)	Si. Adicionalmente, en algunos casos una envoltura lipídica (peplos) y/o espículas de glucoproteína.	No	No
Replicación fuera del huésped	No	No	
Replicación dentro del huésped	Diversas formas en el núcleo (generalmente virus ADN) o el citoplasma (generalmente virus ARN (Ver Cameron, Gotte, & Raney, 2009).	Carecen de actividad de ARN mensajero y se replican de forma autónoma, utilizando el sistema de transcripción de la célula susceptible.	El prion Pr ^{sc} pasa a la forma patógena PrP ^{sc} .
Grupos en los que se ha identificado patogenicidad	Microorganismos, plantas, animales.	Plantas superiores.	Formas infecciosas de priones en mamíferos, incluyendo al ser humano; sin embargo, el mecanismo es desconocido (Manuelidis et al., 2007), (Wang et al., 2010).
Enfermedades de importancia en fauna silvestre	Muchas.	No, únicamente se reporta que afecta plantas.	Encefalopatía espongiiforme en <i>Odocoileus</i> y <i>Cervus</i> silvestres en USA. EEB en cautiverio en diversas especies, como puma, ocelote, tigre, guepardo, macaco y lémur (Bunk, 2004; Spraker et al., 1997).
La literatura se refiere a "comunidades" en el grupo	Si. La búsqueda realizada en agosto de 2011 en Internet (Google académico: inglés) arrojó 379 resultados a "virus community", 564 a "virus communities", 991 a "viral community" y 936 "viral communities". También se obtuvieron pocos resultados en español.	No. La búsqueda realizada en agosto de 2011 en Internet (Google académico: inglés) no arrojó resultados para "viroid community" o "viroid communities". Tampoco se obtuvieron resultados en español para "comunidad viroide" o "comunidades de viroides".	No. La búsqueda realizada en agosto de 2011 en Internet (Google académico: inglés) no arrojó resultados para "prion communities". Se encontraron 7 para "prion community" para referirse a la comunidad científica dedicada al estudio de los priones.

como edad, género, condición corporal, genética y comportamiento; del ambiente como distribución espacial de los estadios externos y estacionalidad (en el caso del neotrópico con época seca/lluvias), y por las características intrínsecas de los mismos parásitos.

La epidemiología se aproxima a las dinámicas parasitarias principalmente mediante el concepto de enfermedad; para lo cual utiliza variables que relacionan la presencia y el efecto de los parásitos como agentes patógenos con las poblaciones de huéspedes, tradicionalmente con el fin de entender la transmisión para prevenirla. Independientemente de si las metodologías que se utilicen sean cualitativas o cuantitativas, o el estudio sea transversal o longitudinal, los datos se interpretan a la luz del número de animales infectados, enfermos y/o muertos, el tiempo y el lugar de presentación del evento y/o realización del muestreo, las características de los animales, las características y el tamaño de la población huésped y las condiciones y características climáticas, ambientales y del hábitat. Lógicamente, la revisión de la historia del ecosistema, la comunidad y la población, bien sea a partir de información primaria si es el caso o de secundaria, es necesaria para poder entender la situación y darle significado a los datos. Por ejemplo, en vida silvestre un estudio de prevalencia en una especie, sin información sobre la población, comunidad y ecosistema, podría ser de limitada utilidad si se quiere entender las dinámicas parasitarias y los factores que la influyen.

Desde este punto de vista, el patrón de distribución temporal del parásito se entiende a partir del patrón temporal de la enfermedad, el cual se categoriza como epidémico cuando la ocurrencia de la enfermedad es más alta de lo esperada y endémica, cuando la frecuencia es constante. Los patrones (diarios, semanales, mensuales, estacionales o anuales) se representan en curvas epidémicas mediante diagramas de columna y línea, que muestran los casos en el periodo de tiempo.

Esta estimación es útil para entender la dinámica del parásito y su transmisión en la población o comunidad huésped a través del tiempo, pero no dice mucho sobre su biomasa total en el ecosistema y de sus relaciones con otros parásitos, vectores y huéspedes; e inclusive subestima las relaciones y factores bióticos del parásito al enfocarse únicamente en el concepto de enfermedad. En fauna silvestre, la metodología puede resultar poco sensible para entender la compleja dinámica parasitaria en el ecosistema natural, sobre todo en los periodos cuando no se presentan casos.

La frecuencia de la enfermedad en una población puede determinarse mediante cálculos simples, a través de mediciones estáticas (proporciones y radios) o dinámicas (tasas); las cuales están ampliamente documentadas en la literatura epidemiológica (ver por ejemplo para la veterinaria a Pfeiffer, 2002). Algunas mediciones de importancia para entender las dinámicas parasitarias y sus consecuencias en las poblaciones de especies huéspedes en vida silvestre en un lugar son:

- Prevalencia. Medida estática definida como la proporción de casos del total de la población en un momento o periodo determinado. Como limitante para las condiciones de campo en estudios puntuales cuando no se tiene conocimiento del lugar, para el cálculo de la prevalencia se requiere del conocimiento del número de animales de la población, debido a lo cual se requeriría de la realización de censos. En la literatura se encuentran estudios puntuales que expresan la prevalencia en relación con la muestra, es decir animales que se detectaron positivos del total de los estudiados en un momento. Estos resultados deben revisarse con precaución, sobre todo si se quiere hacer inferencias poblacionales y/o de la comunidad en un lugar y tiempo. El concepto de prevalencia aplica para el de animales infectados (por ejemplo, seroprevalencia:

casos positivos de la población a una prueba serológica) y enfermos (morbilidad: casos de enfermedad en la población). Los estudios de prevalencia parasitaria con frecuencia se restringen a una especie hospedera de interés. Sin embargo, para el entendimiento de la dinámica de un parásito en una comunidad de huéspedes, independientemente del interés que se pueda tener por un hospedero, en ecosistemas naturales se hace necesario aproximarse a su estudio a partir de las especies en las cuales el parásito se agrega; pues al incluir una sola especie se está considerando solamente una fracción del hábitat agregado total del parásito. Esta prevalencia se reporta en la literatura generalmente por especie y totalizándola por comunidad taxonómica de los huéspedes. Por ejemplo; por Clase (aves, mamíferos, reptiles, etc.) u Orden (carnívoros, primates, quirópteros, roedores, etc.). La fórmula de la prevalencia se expresa así:

Prevalencia = No. casos en la especie y/o comunidad en un momento o periodo / No. animales de la población en un momento o periodo

- Incidencia. Una medida estática definida como la proporción de nuevos casos sobre el total de la población sana. La medición de la incidencia, además de los criterios expresados para la prevalencia, requiere del conocimiento de la historia de la población que permita identificar la "casos nuevos" de manera precisa y exacta. Ésta se expresa:

Incidencia acumulada = No. casos nuevos en la especie y/o comunidad en un momento o periodo / No. animales susceptibles de la población en un momento o periodo

La incidencia también se puede medir en forma dinámica como Tasa de incidencia o Densidad de incidencia, la cual se expresa así:

Tasa de incidencia = No. casos nuevos de la enfermedad en la especie y/o comunidad /

Suma acumulada del tiempo en que cada individuo estuvo en riesgo

- Mortalidad. Medida estática que indica el número de animales que murieron en la población por causa de la enfermedad en un momento o periodo:

Mortalidad = No. animales muertos (por la enfermedad) de la especie y/o comunidad en un momento o periodo / No. animales de la población en un momento o periodo

Las dinámicas de la enfermedad se pueden relacionar a su vez con factores de riesgo, es decir, la presencia de una o varias características de vulnerabilidad (por ejemplo, genéticas, ambientales, ecológicas, etc.) que interactúan desencadenando procesos que aumentan la probabilidad de tener consecuencias adversas. El riesgo se puede estimar midiendo la fuerza de la asociación entre el factor de riesgo y la enfermedad (por ejemplo, Riesgo relativo y Razón de productos cruzados).

- R0 (R cero: Número o tasa reproductiva básica) Hudson *et al.* (2002) describen como fascinante la forma como R0 integra diversos aspectos de la biología de la enfermedad; lo que no es sorprendente si se considera que este parámetro contempla ambas puntas de la acción parasitaria: los patrones epidemiológicos de la infección en la población huésped y la aptitud del parásito.

De acuerdo con Tomkins *et al.* (2002) la tasa reproductiva básica se estima mediante la siguiente fórmula:

$$R_0 = \lambda / (\mu + \alpha + b)$$

λ : tasa de nacimiento de los estadios infectivos del parásito

μ : tasa de mortalidad de los parásitos en el huésped

α : tasa de mortalidad del huésped por el parásito

b : tasa de mortalidad del huésped (parasitismo y otras causas)

Según estos autores, en microparásitos aplica la siguiente fórmula:

$$R_0 = \beta C(N) / (\alpha + b)$$

β : tasa de transmisión del patógeno

$C(N)$: tasa de contacto entre huéspedes

Indudablemente, para la medicina y la epidemiología veterinarias, R_0 genera un importante elemento para el entendimiento de la multiplicidad potencial de las dinámicas de las enfermedades en animales en sistemas artificiales y naturales. Sin embargo, como puede deducirse de las anteriores fórmulas determinar R_0 en ecosistemas naturales puede no ser fácil, ya que como expone Gulland (1995) se presentan limitaciones en el estudio de las enfermedades en la vida silvestre por la misma naturaleza del medio que dificulta la compilación de la información del agente y del animal (huésped). Puede decirse que en vida silvestre es más factible determinar R_0 en microparásitos que en macroparásitos.

INVERTEBRADOS: VECTORES Y ALIMENTO

En las dinámicas de las comunidades de parásitos y huéspedes en vida silvestre indudablemente los vectores juegan un papel muy importante; ya que algunos, microparásitos y macroparásitos, los requieren para su transmisión. A estas enfermedades se les agrupa como enfermedades transmitidas por vectores ("*vector borne diseases*"), e inclusive algunas clasificaciones de los parásitos incluyen el concepto; como por ejemplo, la denominación de arbovirus al conjunto de virus transmitido por artrópodos. Algunas publicaciones están especializadas en la temática, como por ejemplo, "*Journal of Vector Ecology*" que trata los aspectos de la biología, ecología y control de artrópodos vectores y "*Journal of Vector Borne Diseases*" que comprende diversos aspectos de las enfermedades transmitidas por vectores.

Los vectores biológicos son animales que llevan un parásito de un huésped al otro. Éstos actúan como un vehículo o se constituyen en un huésped intermediario en el cual ocurre parte del ciclo de vida del parásito. Las relaciones parásito-vector-huésped pueden ser tan específicas como las que caracterizan la relación parásito-huésped. Por esto, el control de vectores representa una estrategia primordial en salud pública y salud animal; pero en la práctica ésta es poco o nada pertinente en vida silvestre.

En la Figura 44 se busca ilustrar de manera simple la complejidad de las dinámicas parásito-vector-huésped en el hábitat natural de una especie vertebrada, a partir de las singularidades de cada una de las comunidades. La visión general del diagrama quiere llamar la atención sobre la multi-heterogeneidad en la distribución espacio-temporal de los tres grupos que influye, no sólo en la probabilidad de contacto entre estos, sino en la distribución de cada uno: la distribución de los parásitos transmitidos por vectores en el ecosistema dependerá de la distribución espacio-temporal del vector y del huésped y, el contacto ocurrirá en los lugares donde estos dos se superponen. Estas dinámicas a su vez determinan la dinámica de una enfermedad, la cual se relaciona altamente con la tasa de transmisión del parásito de los individuos infecciosos a los susceptibles, que a su vez depende de varias variables, además de la tasa de contacto entre individuos, de la probabilidad que ocurra de los eventos efectivos de transmisión (Real & Bick, 2007). Sin embargo en ecosistemas naturales la identificación de las relaciones entre parásito-vector-huésped puede ser difícil por la complejidad que representa su estructura y funcionamiento.

Cada individuo vector o huésped se constituye en una isla que puede contener una población del parásito. La unión de todos ellos, es decir el conjunto de vectores y huéspedes para el parásito X, se constituye en el ecosistema y la suma de órganos

o sistemas que coloniza dentro del organismo que contiene la metapoblación parasitaria, en el hábitat. La movilización ocurre cuando hay transmisión de vector a vector, vector a huésped y huésped a vector. Desde el punto de vista práctico, la abun-

dancia agregada del parásito en el hábitat constituido por la comunidad hospedera, que indicaría la carga parasitaria en el lugar, se podría relacionar con el número de vectores y huéspedes infectados que representan el área total de su hábitat:

$$Ap_g = Nvi + Nhi$$

En donde: Ap_g : abundancia agregada del parásito
 Nvi : número de vectores infectados
 Nhi : número de huéspedes infectados

Si el parásito pudiera alojarse en más de una especie de vector o de huésped, entonces la ecuación puede plantearse de la siguiente manera:

$$Ap_g = (Nvi_1 + Nvi_2 + \dots + Nvi_n) + (Nhi_1 + Nhi_2 + \dots + Nhi_n)$$

A su vez, si se considera de acuerdo con la figura, que tanto en los vectores como en los huéspedes, se encontrarán individuos infectados y no infectados, entonces la abundancia agregada relativa podría considerarse a partir de la prevalencia, así:

$$Ap_{gr} = [(Nvi_1/Nv_1) + (Nvi_2/Nv_2) + \dots + (Nvi_n/Nv_n)] + [(Nhi_1/Nh_1) + (Nhi_2/Nh_2) + \dots + (Nhi_n/Nh_n)]$$

En donde: Ap_{gr} : abundancia agregada relativa del parásito
 (Nvi_x/Nv_x) : número de vectores infectados de x / número de vectores población de x)
 (Nhi_y/Nh_y) : número de huéspedes infectados de y / número de huéspedes población de y)

La ecuación se divide por el número es especies hospederas (vectores y huéspedes) para que el resultado se exprese como una razón (0-1), en donde la agregación máxima es "1" cuando el 100% de los vectores y huéspedes están infectados y "0" cuando no hay animales infectados de ningún huésped o vector. Prevalencia es igual:

$$\frac{(Nvi_1/Nv_1) + (Nvi_2/Nv_2) + (Nvi_n/Nv_n) + (Nhi_1/Nh_1 + Nhi_2/Nh_2 + Nhi_n/Nh_n)}{Ev + Eh}$$

Ev: número de especies de vectores

Eh: número de especies huéspedes

También, podría entenderse la distribución del parásito en el ecosistema a partir del peso que tiene la prevalencia en los vectores en relación con la de los huéspedes. DP (Proporción de la distribución del parásito en el ecosistema) es igual:

$$\frac{[(Nvi_1/Nv_1) + (Nvi_2/Nv_2) + \dots + (Nvi_n/Nv_n)]}{Ev} : \frac{[(Nhi_1/Nh_1) + (Nhi_2/Nh_2) + \dots + (Nhi_n/Nh_n)]}{Eh}$$

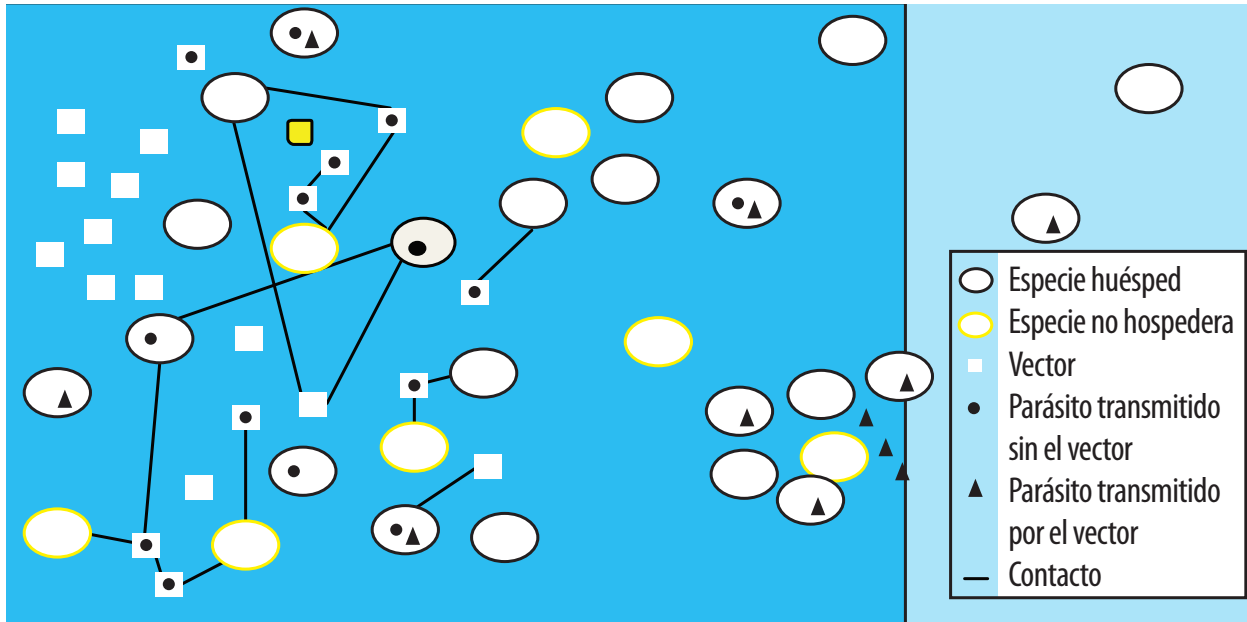


Figura 44. Relación parásito-vector-huésped en el hábitat natural de una especie vertebrada.

En la figura también se quiere llamar la atención sobre la presencia de otros dos elementos que se relacionan con la dinámica que tiene un parásito con su vector y su huésped. Estos son: 1/. Especies no sensibles al parásito (no hospederas) que pueden ser también predadas por el vector y, 2/. Otros parásitos no transmitidos por el vector, pero que pueden infectar a la misma especie huésped.

En el primer caso, el vector infectado predará sobre especies no sensibles al parásito, por lo cual no ocurrirá transmisión. Entonces, entre mayor sea la abundancia de éstas especies, menor será la probabilidad de transmisión del parásito (efecto dilución). En el segundo caso, el parásito podrá generar relaciones de competencia-sinergia con otros parásitos como ya se trató anteriormente, que definirán su abundancia y virulencia en el huésped. Estas relaciones y distribuciones no solamente afectan la dinámica de la enfermedad en el ecosistema natural, sino también la cadena trófica; pues como ya se ha mencionado, los parásitos pueden contribuir altamente con la

biomasa e inciden en los procesos energéticos en diferentes niveles.

Captura de invertebrados: vectores y alimento

En el estudio de la salud de los vertebrados terrestres y sus ecosistemas, además del interés que despiertan por sí mismos, la colección de invertebrados tiene dos fines primordiales: cuantificar la oferta alimenticia e identificar y evaluar las poblaciones-comunidades de los vectores transmisores de enfermedades. Por tanto, los métodos y lugares de captura o censo de los invertebrados dependen de las especies de vertebrados que se están estudiando (enfermedades que las afectan, uso del hábitat, dieta, etc.).

A continuación se describen las metodologías utilizadas en el Centro Araguatos con éxito para los objetivos del estudio de la salud de la fauna. De todas formas se recomienda revisar a Sutherland (2006) para la descripción más detallada de censos en invertebrados.

Voladores

Hay varios tipos de trampas útiles para la captura de vectores voladores. En el Centro Araguatos se han utilizado con éxito trampas tipo CDC (deben su nombre al *Center for Disease Control* de Estados Unidos), las cuales se pueden adquirir de varios fabricantes o se pueden construir a bajo costo con materiales de fácil consecución (Figura 45). Éstas tienen la ventaja que se pueden colgar en cualquier parte y altura y son efectivas si se dejan durante la noche con el bombillo encendido para la captura de hematófagos y otros voladores.

Con frecuencia en el Centro Araguatos se ha usado como cebo un frasquito pequeño de sangre con anticoagulante, lo que parece mejorar el

éxito de captura. El uso de hielo seco no ha sido útil como ha sido sugerido en algunas partes, quizás por las condiciones boscosas de los lugares de estudio. Las trampas no son útiles cuando hay vientos fuertes. Con estas se ha colectado Diptera, Hymenoptera y Lepidóptera.

No voladores

Para efectos del estudio de la salud de la fauna la captura de artrópodos no voladores es útil para medir su abundancia y relaciones espacio-temporales con el hábitat de las especies animales. Para este fin, ha sido útil hacer parcelas de 2 x 2 m. en cada una de las unidades de vegetación que se asocian con el espacio vital de la es-

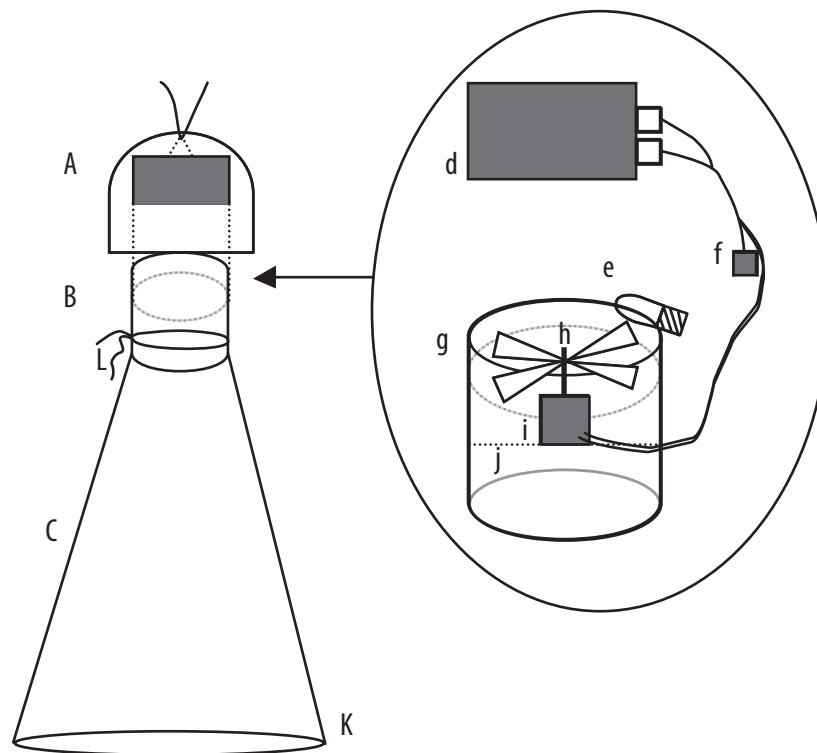


Figura 45. Trampa CDC de construcción artesanal utilizada en el Centro Araguatos.

A: Cubierta plástica protectora de la pila, B: Boca de la trampa, C: Saco colector hecho en tela de muselina fina (velo de cortina), d: batería de 9 v, e: bombillo 9 v., f: interruptor, g: acople PVC 8 cm. de diámetro x 8 cm. de alto, h: ventilador de plástico 7 cms de diámetro, i: motor 9 v., j: soporte del motor en alambre, k: aro de alambre que le da forma a la base del saco colector, l: ojal y cordón para el cierre del saco colector (permite cerrarlo completamente al retirarlo). Fuente: Idea original de Tamara Vodovoz para el Centro Araguatos.

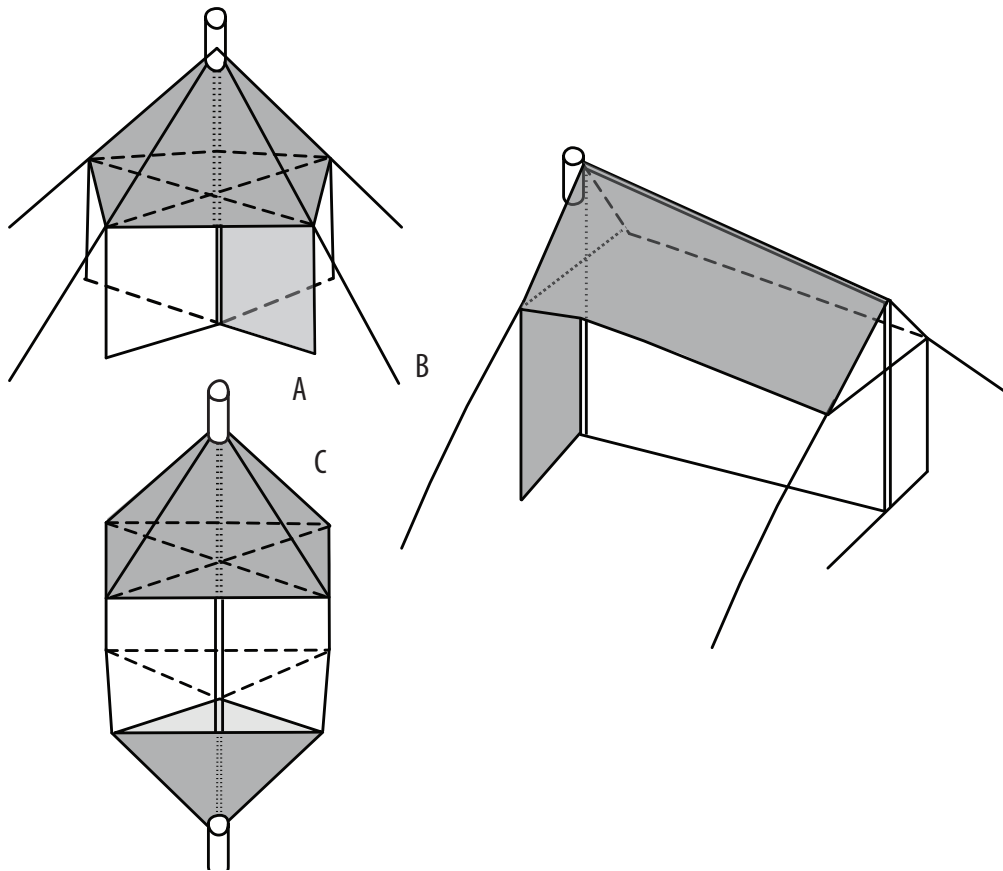


Figura 46. Modelos de trampa Malaise para la captura de artrópodos voladores. A y B: piso, C: dosel.

pecie estudiada. Se busca en todos los sustratos removiendo el material que se encuentre, como hojarasca, cortezas secas, piedras y palos. Los individuos se capturan manualmente con ayuda de pinzas y frascos y se colocan en una solución de formol al 10%, a no ser que por el objetivo de estudio se requiera de otra forma de conservación.

COMUNIDADES DE FAUNA NO PARASITARIA

La clasificación "fauna no parasitaria" puede parecer un poco rara para muchos y definitivamente no se duda que para las disciplinas médicas llega a ser insólita debido a que en estas está difundido el término huésped, el cual es utilizado ampliamente en este libro. Sin embargo, para dividir las

especies parásitas de las que no lo son, el término huésped puede no ser del todo preciso, ya que muchas especies se comportan como parásitos y como huéspedes, ya que a su vez son parasitados por otros. El ejemplo quizás más interesante de parasitismo extremo descubierto hasta ahora ocurre con el virus Sputnik que se multiplica en el virión del mimivirus en *Acanthamoeba*.

Evaluación de la comunidad

Los libros de ecología tratan profundamente las técnicas de estudio y análisis de las comunidades animales. Para la consulta de métodos prácticos, se recomienda referirse a Brower *et al.* (1998). Aquí se muestra las metodologías más utilizadas en el Centro Araguatos para el estudio de la salud de la fauna.

Abundancia

- En capturas:
 - Abundancia absoluta (A_a)= Número total de animales capturados (contados sistemáticamente). Este valor se discrimina para cada especie y hábitat. Es un valor no ponderado y depende de la intensidad del muestreo.
 - Abundancia relativa (A_r)= La relación del número de capturas con respecto al esfuerzo empleado ($A_r = N^\circ$ individuos capturados/esfuerzo de captura).

Para el entendimiento y análisis de abundancia y relacionarlo con otras variables, espacialmente y a través del tiempo en estudios que contemplen muestreos repetitivos en diferentes épocas o a través de un tiempo, la abundancia de las especies se puede agrupar en categorías a partir de la abundancia relativa, como por ejemplo: rara, común, abundante.

- En avistamientos:
La abundancia se determina con base en la probabilidad de observación (P_o) para cada especie. Ésta se obtiene del producto de dos índices, frecuencia de observación (f = número de censos en que fue registrada la especie/Número total de censos y amplitud de la distribución espacial (a = número de lugares donde la especie fue observada/Número total de lugares estudiados). Así, la probabilidad de observación P_o es:

$$P_o = f \cdot a$$

A partir de la probabilidad de observación, se pueden establecer las categorías de abundancia por ejemplo:

- A (abundante): Con una probabilidad de observación mayor o igual a 0.50 ($P_o \geq 0.50$).

- C (común): Con una probabilidad de observación mayor o igual a 0.10 y menor que 0.50.
- R (rara): Con una probabilidad de observación mayor que 0 (cero) y menor que 0.10.

Diversidad

Riqueza de especies (R): Número de especies que se puede encontrar en un lugar.

- Índice de Diversidad de Shannon: El índice se utiliza para determinar de manera relativa cual grupo de especies es más o menos diverso que los demás (Brower *et al.*, 1998). k es el número de categorías (especies) y p_i es la proporción de las observaciones en la especie i . Si n es el tamaño de la muestra y f_i el número de observaciones de la especie i , entonces $p_i = f_i / n$.

$$H' = - \sum_{i=1}^k p_i \log p_i$$

- El índice de Equidad u homogeneidad (J'): presenta valores entre 0 - 1, de manera que aquellas comunidades cuyas especies sean igualmente abundantes obtendrán un valor de 1, mientras que las comunidades con pocas especies comunes y muchas especies raras tendrán valores cercanos a 0. $H' \max = \log k$

$$J' = \frac{H'}{H' \max}$$

- Composición, riqueza y complementariedad: La complementariedad entre hábitats se determina comparando las listas de especies registradas para dos sitios j y k , con una riqueza local S_j y S_k respectivamente. Si el número de especies en común entre los dos sitios es V_{jk} , entonces la riqueza total combinada para ambos de acuerdo con (Colwell & Coddington, 1994) es:

$$S_{jk} = S_j + S_k - V_{jk}$$

- Y el número de especies no comunes entre las dos listas es:

$$U_{jk} = S_j + S_k - 2V_{jk}$$

- Así, la complementariedad entre ambos sitios está dada por:

$$C_{jk} = U_{jk} / S_{jk}; \quad 0 \leq C_{jk} \leq 1$$

Endemismo y estado de residencia

Para el estudio de la salud de la fauna es importante identificar cuáles de las especies que se registren son endémicas para el lugar o área, residentes permanentes y migratorias.

Utilización de especies focales en el estudio de la salud de la fauna

Se han utilizado varios conceptos para identificar y caracterizar la importancia y uso focal de las especies dentro del monitoreo de los ecosistemas y los planes de manejo para la conservación. Estos en general tienden a ser causales y reduccionistas (especie-efecto), por lo cual su utilización dentro del estudio de la salud de la fauna debe hacerse con sumo cuidado y entendiendo los alcances y limitaciones. Algunos conceptos que se encuentran con frecuencia en la literatura especializada son:

- Especie clave: Aquella especie que tiene alta influencia en la comunidad sin importar su abundancia o dominancia, debido a lo cual se considera que su ausencia produciría cambios en las funciones ecológicas y un impacto negativo en otras especies. Éste es un concepto claramente antropomórfico y subjetivo, por lo que puede responder más del conocimiento o interés que el investigador tenga de una especie que a un verdadero rol que ésta tenga dentro del ecosistema. Además, si se acepta que el ecosistema tiene relaciones holárquicas tipo SOHO, este concepto tendría poco

valor para entender la complejidad de las relaciones entre la fauna y su hábitat.

- Especie indicadora. Una especie sensible a determinadas condiciones como cambios antropogénicos y disturbios, que es útil para proveer una advertencia temprana del cambio del ecosistema. La utilización de las especies indicadoras debe partir de una necesidad específica que se quiere monitorear, y por lo tanto, su uso y alcance debe corresponder a un lugar, un tiempo y efecto determinados. En el Centro Araguatos se ha utilizado en conjunción con otras metodologías para optimizar recursos y tiempo.
- Especie centinela. Es una especie que es útil para monitorear cambios en la salud del ecosistema. Tiene los mismos alcances y limitaciones que la especie indicadora.
- Especie sombrilla. Una especie altamente demandante respecto a sus requisitos ecológicos, de manera que al cumplirse sus necesidades se favorecen otras especies. Las especies sombrilla responden a áreas, dispersión, recursos y procesos limitados.
- Especie bandera. Una especie útil para realizar acciones y promover la conservación en el ámbito general o regional. No hay limitaciones en el uso de la especie bandera y depende mucho del contexto cultural del lugar y contexto que se quiera utilizar. En el Centro Araguatos se utilizaron diversas especies, que incluyen primates, aves y reptiles.
- Especie paisaje. Una especie asociada a una amplia escala de patrones y procesos ecológicos, que son útiles en el diseño y manejo del paisaje para conservación y en la evaluación del éxito de los proyectos a gran escala.

Inventarios y censos

En el estudio de la salud de los vertebrados terrestres y sus ecosistemas, el estudio de invertebrados tiene dos fines primordiales: cuantificar la oferta

alimenticia y hacer inventarios de los vectores transmisores de enfermedades. A continuación se describen algunas metodologías utilizadas en el Centro Araguatos que han sido suficientes para los objetivos del estudio de la salud de la fauna.

El objeto de los inventarios y censos de acuerdo con los objetivos del presente libro, es contribuir al entendimiento de la salud de la fauna, debido a lo cual es necesario clarificar los requerimientos de información y la forma como va a contribuir al estudio. Una vez esto es claro, se definen los procedimientos, lo que no debe representar ningún problema, ya que la literatura describe diferentes metodologías para la realización de inventarios y censos de fauna que se aplican de acuerdo con los objetivos, la especie, el lugar, tiempo y recursos disponibles, etc. Las metodologías puede ser altamente variables; las que se aplican en un lugar pueden ser poco prácticas o confiables en otro. En África por ejemplo, el uso de aeronaves es frecuente debido a que son muy útiles para el trabajo con grandes especies, pero éste medio en general es de poca aplicabilidad en el neotrópico. Información detallada y aplicada para una amplia variedad de especies de vertebrados e invertebrados y de condiciones útiles para el estudio de la salud de la fauna se encuentra en Brower *et al.* (1998) y Sutherland (2006) y la especializada en aves en Bibby *et al.* (2000).

A continuación se describen metodologías que se han utilizado con buen resultado en el contexto latinoamericano.

Avistamiento

El avistamiento de animales es lógicamente más difícil en especies de hábitos crípticos. Los animales pueden ser identificados por detección directa visual y auditiva, huellas y rastros, pelos y materia fecal. Generalmente se trazan transectos para registrar las especies e individuos. Estos se trazan dependiendo de la topografía y condiciones físicas de lugar, unidades de vegetación, y especies objeto de

estudio. Los recorridos se realizan en las horas de mayor probabilidad de observación de la especie de estudio de acuerdo con su actividad circadiana, a no ser de que se requiera relacionar el avistamiento con condiciones o eventos específicos (por ejemplo, horarios en que hay maquinaria trabajando). Por ejemplo, para aves se prefiere en las mañanas a partir del amanecer (aproximadamente de 5:30 am a 9:30 am). Normalmente se registran los animales observados, el lugar y estrato en que se localizan y la actividad que están realizando.

Captura de animales

La captura de animales se hace cuando es absolutamente necesario para su identificación, marcaje y/o examen clínico. Algunas especies crípticas (morfológicamente similares a otras) requerirán la captura para su identificación taxonómica y en algunos casos de la colección de ejemplares para su estudio posterior. Por lo tanto, es importante definir exactamente las metodologías que se van a utilizar y la necesidad de captura, manipulación o colecta con anterioridad de hacer los trabajos de campo, ya que es posible que se requiera permiso de estudio, lo que puede tomar un tiempo (por ejemplo, en Colombia el Decreto 309 de 2000 reglamenta los permisos de investigación científica sobre biodiversidad y el acceso a recursos genéticos). En este punto es importante tener en cuenta que la colecta de especies de parásitos internos y externos tiene las mismas implicaciones que las de cualquier especie de fauna. Los métodos para la captura de fauna vertebrada se describen en el capítulo 5: individuos.

EVALUACIÓN DE ESTRÉS EN LA POBLACIÓN O COMUNIDAD: ASIMETRÍA FLUCTUANTE (AF)

El término Asimetría Fluctuante (AF) se refiere a las diferencias sutiles en el tamaño de los componentes bilaterales simétricos de estructuras

morfológicas de un organismo; como por ejemplo, los huesos largos. Las diferencias que se observan normalmente son de 1-2% del tamaño característico; pero se pueden incrementar a partir de perturbaciones en el desarrollo (Palmer & Strobeck, 1986). En la medición de AF se presentan problemas inherentes a la alta varianza del muestreo y el bajo poder de las pruebas estadísticas. Aunque los análisis no son complicados, se requiere de mucho cuidado para evitar los sesgos que estos conllevan (Palmer & Strobeck, 2003; Starmer, Patten, & Polak, 2002).

Siguiendo las recomendaciones de Crespi & Vanderkist (1997) para disminuir errores de medición (EM), para evaluar la AF en poblaciones silvestres de aves, mamíferos y reptiles (Tabla 23), se han tomado cinco mediciones (réplicas)

de cada órgano con calibrador Vernier de 0,01 mm de precisión. Todas las medidas son tomadas por la misma persona y el registro en los formatos se realiza por otra, para disminuir la posibilidad de que los valores anotados influyan al medidor.

En las Tabla 24, 25 y 26 se muestra el tratamiento realizado en el Centro Araguatos a los datos tomados en tres especies, un ave (*Furnarius leucopus*), un reptil (*Basiliscus basiliscus*) y un anuro (*Pleuroderma brachiops*), en un lugar para evaluar si se evidenciaba la presencia de estrés poblacional por la intervención antrópica intensa que estaba sucediendo, mediante la determinación de AF. En este ejemplo, la asimetría para las tres especies de estudio fue baja y no sugirió estrés poblacional en la fauna local.

Tabla 23. Muestra en diferentes grupos animales para medir la Asimetría Fluctuante en poblaciones silvestres.

Orden	Muestra
Mamíferos	Radio y 1er metacarpiano del 3er dígito
Aves	Tarso y cúbito
Reptiles	Fémur y húmero
Anfibios	Fémur

Tabla 24. Análisis de la calidad y adecuación de muestra para la evaluación de AF en tres especies. Centro Araguatos.

Especie	Medición	n	Media +ES (D+I) / 2	(D-I)			AF1= D-I	AF4= var(D-I)
				Media+ES	Skew+ES	Kurtosis+ES	Media+ES	
<i>Furnarius leucopus</i>	Cúbito	13	3,080+0,027	-0,042 +0,031	-1,790 + 0,616	4,232 +1,191	0,093+ 0,020	0,013
	Tarso	13	2,941+0,026	-0,010 +0,017	-0,517 + 0,616	1,089+ 0,191	0,047+ 0,011	0,004
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Fémur	43	3,8198+0,1359	0,0277+ 0,0156	-0,255+ 0,361	0,151+ 0,709	0,08109+0,0103	0,011
	Tibia	43	3,5269+0,1205	-0,0144 +0, 011	-0,972+ 0,361	-0,497+ 0,709	0,0579+ 0,0078	0,006
	Húmero	43	2,2943+0,084	-0,02183 +0, 0177	1,180+ 0,361	4,648+ 0,709	0,0846+ 0,0125	0,014
	Radio	43	1,795+0,0712	0,01372+ 0, 0111	0,682+ 0,361	2.880+ 0,709	0,0526+ 0,0079	0,005
<i>Pleuroderma brachiops</i>	Tibia	85	1,4253+0,0159	0,00166 + 0,0028	0,37+ 0,261	1.699+ 0,517	0,01896+ 0,001924	0,001

Tabla 25. Análisis de Asimetría en huesos largos en tres especies (ave, reptil y anuro). Fuente: Centro Araguatos.

Especie	Medición	N	Asimetría vs. tamaño medición (D-1) vs. [(D+L)/2]		ANOVA dos vías (Lado x Animal)	Antisimetría y asimetría direccional	
			Prueba	Correlación		Kolmorov-Smirnov	1 T-test
<i>Furnarius leucopus</i>	Cúbito	13	C. Pearson (2colas) C.Spearman (2colas) No hay relación	PC: 0,228 P = 0,4564 CC: 0,214 P = 0,482	Lado: F = 1,819, P <0,202 No se evidencia AD Animal: F = 3,042, P < 0.001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 26,896, P <0,00 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,666 P= 0,766 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = -1,349 P = 0.202 No se evidencia AD
	Tarso	13	C.Pearson (2colas) C.Spearman (2colas)	PC: 0,198 P = 0,517 CC: 0,203 P = 0,505	Lado: F = 3,5, P = 0,563 No se evidencia AD Animal: F = 9,122, P < 0,0 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 9,061, P < 0,00 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,419 P= 0,955 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = -0,594 P = 0.563 No se evidencia AD
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Fémur	43	C. Pearson (2colas) C.Spearman (2colas) No hay relación	PC: -0,01 P = 0,948 CC: 0,035 P = 0,823	Lado: F = 3,146, P = 0,83 No se evidencia AD Animal: F = 301,185, P < 0.001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 13,299, P <0,0001 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,579 P= 0,890 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = 1,774 P = 0,083 No se evidencia AD
	Tibia	43	C.Pearson (2colas) C.Spearman (2colas) No hay relación	PC: 0,259 P = 0,093 CC: 0,317 P = 0,039	Lado: F = 1,512, P = 0,226 No se evidencia AD Animal: F = 423,600, P < 0,001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 12,511, P < 0,001 Se evidencia asimetría > EM	Z= 1,006 P= 0,264 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = -1,230 P = 0,226 No se evidencia AD
	Húmero	43	C. Pearson (2colas) C.Spearman (2colas) No hay relación	PC: -0,149 P = 0,339 CC: 0,007 P = 0,963	Lado: F = 1,506, P = 0,227 No se evidencia AD Animal: F = 90,824, P < 0.001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 19,799 P <0,001 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,775 P= 0,585 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = -1,227 P = 0,227 Se evidencia AD
	Radio	43	C.Pearson (2colas)	PC: 0,132 P = 0,399 CC: 0,027 P = 0,863	Lado: F = 1,501, P = 0,227 No se evidencia AD Animal: F = 162,095, P < 0,001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 15,858, P < 0,001 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,714 P= 0,688 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = 1,225 P = 0,227 No se evidencia AD

Especie	Medición	N	Asimetría vs. tamaño medición (D-I) vs. [(D+L)/2]		ANOVA dos vías (Lado x Animal)	Antisimetría y asimetría direccional	
			Prueba	Correlación		Kolmorov-Smirnov	1 T-test
<i>Pleuroderma brachiops</i>	Tibia	85	C. Pearson (2colas) C.Spearman (2colas) Hay relación entre la asimetría y el tamaño de la muestra	PC: 0,996 P < 0.001 CC: 0,996 P < 0.001	Lado: F = 3,46, P = 0,558 No se evidencia AD Animal: F = 127,927, P < 0.001 Hay diferencia entre animales Lado x Animal: F = 4,267 P < 0,001 Se evidencia asimetría > EM	Z= 0,808 P= 0,531 Los datos son normales (ver otra información en tabla anterior)	T = -0,558 P = 0,558 Se evidencia AD

Tabla 26. Magnitud de la variación entre los huesos largos de las tres especies estudiadas (ave, reptil y anuro). Fuente: Centro Araguatos.

Especie	Medición	N	% variación (d-i) del tamaño de la muestra (d+l) / 2	% variación entre lados (d-i)
<i>Furnarius leucopus</i>	Cúbito	13	1,36	1,37
	Tarso	13	0,34	0,35
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Fémur	43	0,70	0,72
	Tibia	43	0,40	0,40
	Húmero	43	0,95	0,95
	Radio	43	0,76	0,76
<i>Pleuroderma brachiops</i>	Tibia	85	0,11	1,35

METAGENÓMICA

El término metagenómica fue empleado por primera vez por Handelsman *et al.* (1998) para designar el estudio de los genomas de todos los microbios en un ambiente particular, en oposición al estudio tradicional del genoma de un organismo aislado y cultivado *in vitro*. Se considera entonces, como el análisis genómico del ensamblaje de microorganismos, incluyendo virus y bacterias en un ecosistema; bien sea éste en vida libre (en el suelo, agua dulce, mar etc.) o en un organismo (sistema digestivo: rumen o abomaso de bovino, del intestino humano, etc.).

La metagenómica representa entonces, un nuevo horizonte para el entendimiento de los

ensambles parasitarios en las comunidades de huéspedes en un lugar ya que estudia la flora viral y bacteriana natural o en condiciones en donde se originen enfermedades complejas. Dentro de las aplicaciones más útiles para el estudio de la fauna y de los ecosistemas se encuentran:

Tener una mayor comprensión de la ecología, diversidad, estructura comunitaria y biogeografía de microorganismos a partir de los ácidos nucleicos obtenidos en muestras ambientales (Riesenfeld *et al.*, 2004).

El 99% de los microbios del ambiente no pueden ser cultivados y por lo tanto no han sido descritos. La metagenómica hace posible descubrir nuevos microorganismos que aclararían las lagunas evolutivas que se tienen actualmente en

algunos grupos taxonómicos (a partir de estudios de linaje genético), y a identificar potenciales especies patógenas para el hombre (Nakamura *et al.*, 2008) y los animales (e incluso las plantas). Según Pestana *et al.* (2010), su uso en la virología es invaluable para el diagnóstico y en la búsqueda de nuevos virus, donde sus principales ventajas permiten compensar las dificultades inherentes en el trabajo de diagnóstico con las técnicas convencionales como son la pobre capacidad que tienen los virus de crecer en cultivos celulares (algunos que crecen en estos medios incluso, pueden no producir efecto citopático) y su dificultad en la identificación a través del microscopio electrónico cuando el número de copias en la muestra es bajo o debido a que la estructura del virión es desconocida (Handelsman, 2004). Adicionalmente, según Blomström (2011), aplicando las técnicas de metagenómica se pueden detectar virus adicionales en muestras que aunque menos dominantes, pueden tener un papel importante en el desarrollo de la enfermedad. Entonces los procedimientos detectan virus menos dominantes en muestras en donde se presentan co-infecciones mixtas.

Tiene una importante aplicación en la vigilancia de patógenos emergentes y zoonóticos para la salud animal y pública. Por ejemplo, la identificación y seguimiento de virus en vectores en un área geográfica específica se constituye en un gran potencial para diseñar estrategias y replantear programas de vigilancia sanitaria.

Abre nuevos horizontes en la investigación de las interacciones microorganismo–hospedero como procesos de co-evolución y donde no existe enfermedad, permite entender la ecología viral o bacteriana.

La metagenómica también se está empleando actualmente para descubrir nuevas enzimas virales que pueden ser usadas con propósitos de diagnóstico.

Los procedimientos de metagenómica se inician con el aislamiento de los DNAs ambientales. Para esto, se elimina todo el material genético que no proviene de los microorganismos a través de tratamiento enzimático; luego se amplifica todo el ADN o ARN mediante PCR convencional con cebadores o iniciadores que se pegan a todo ARN o ADN presente en las muestras; se secuencia a gran escala con las plataformas disponibles como Sanger, Pirosecuenciación o Ultrasecuenciación; se analiza bioinformáticamente y se compara con las secuencias de todas las bases de datos y librerías genéticas, buscando homología. Finalmente se diseña el PCR del virus identificado para diagnosticarlo a través de las técnicas convencionales.

Indudablemente, en los próximos años los grandes avances en el diagnóstico estarán en estas técnicas, las que representan un rompimiento de los paradigmas para el estudio de la salud de la fauna y de los ecosistemas.

Capítulo 5

INDIVIDUOS

La unidad fundamental que define el concepto de individualidad en la población, es el animal.

EL ANIMAL

¿Debe o no importar en el muestreo?

La información que se puede coleccionar a partir del muestreo de los individuos es la base para algunas medidas de la población y la comunidad. Sin embargo, esto fue tema de otro capítulo, entonces, ¿nos debe importar el animal, como individuo, que pertenece a una población?... La respuesta es sí y hay varias razones éticas, teóricas y prácticas, que justifican sobradamente el muestreo y análisis al nivel del individuo dentro del estudio de la salud de la fauna y sus ecosistemas:

- Compromiso ético: En el Capítulo 2 ya tratamos la importancia del consenso ético en los trabajos con la fauna. Independiente a la motivación del estudio, el impacto sobre el bienestar animal individual siempre tiene que ser evaluado: *“Si los animales tienen derechos o no, debemos aprender más acerca de su capacidad de sufrir”* (Anonymous, 2002).
- Integridad de los componentes y las relaciones en la organización de la fauna y el ecosistema: Erróneamente y por motivos que son inexplicables, se aíslan con frecuencia los conceptos conservación, salud y bienestar animal, ya que cualquier factor que afecte a uno también lo hará con el otro. Cuando se trabaja al nivel de poblaciones y comunidades se subestima el individuo y viceversa; lo que reduce la po-

sibilidad comprensión de la complejidad de las relaciones que determinan el bienestar y la salud de la fauna en un lugar. Por ejemplo, es necesario entender el efecto de la presencia de investigadores, inclusive cuando se utilizan técnicas poco invasivas, porque se puede producir disturbios en los animales y por ende en los resultados de los análisis individuales, poblacionales y de las comunidades.

- Sensibilidad en la detección de un disturbio temprano: El monitoreo individual podrá ayudar a identificar y evaluar tempranamente efectos de disturbios que no se presentan todavía con la suficientemente magnitud para ser detectados en la población o ecosistema.
- Balance en el análisis: El análisis conjunto de las mediciones poblacionales y de la comunidad, junto con las mediciones individuales indudablemente contribuye al conocimiento del problema y a predecir sus efectos. Éste facilita el diálogo y la identificación de la contribución individual disciplinar, ya que las disciplinas difieren en sus fortalezas en la teorización y aplicación de metodologías de estudio al nivel individual (organismos), poblacional-comunidad y del hábitat.
- Respuesta individual: los animales o grupos de una población pueden responder de manera diferente a los estímulos o agentes. Las experiencias individuales influyen en la adaptación y respuesta a los retos bióticos y abióticos.

- La información de un individuo puede ser clave en el estudio. Por ejemplo, para las personas trabajando en taxonomía y biogeografía la colecta de uno o pocos ejemplares puede ser determinante para confirmar la presencia de una especie, o la identificación de un parásito en un individuo ser suficiente para declarar la presencia de la enfermedad en una localidad o país.

De acuerdo con lo que se ha dicho en los capítulos anteriores, la optimización del uso de las variables en el nivel individuo para el entendimiento de la salud de la fauna en un ecosistema depende de la identificación clara de objetivos y metodologías que permitan su correlación de manera robusta dentro del nivel y con otros niveles. Esto a su vez depende, no sólo del objeto del trabajo que de por sí tiene alto peso en los resultados y alcances de los estudios como se vio en el capítulo 1 (en la Integración de la medicina a las acciones de conservación), sino también de las hipótesis que se puedan generar a partir de la visión preliminar del estado de conservación e intervención del lugar y de los flujos externos, incluyendo los antrópicos que podrían influir sobre sus comunidades animales. Los cambios y disturbios en los elementos bióticos y abióticos en los ecosistemas generan respuestas defensivas y adaptativas psicológicas y físicas en los animales que pueden medirse y relacionarse. En la Figura 47 se muestra un ejemplo de las asociaciones que se pueden hacer a partir de la identificación y caracterización de los impactos ambientales, en este caso en un área minera, con las amenazas sobre la salud de los animales en el lugar. Esto permite identificar las variables de medición a partir de relaciones potenciales con lo que está ocurriendo con el hábitat y las comunidades animales y así, formular un diseño de estudio pertinente.

De esta figura puede también concluirse que de acuerdo con las necesidades, circunstancias y

recursos hay una amplia posibilidad de hacer mediciones y relaciones en el animal silvestre a pesar de las limitaciones teóricas y prácticas que pueden tenerse, en comparación con las condiciones de la práctica de la salud en animales domésticos y fauna en cautiverio. Varios factores dificultan la planeación, control y análisis de los datos en el animal en vida silvestre:

- Limitado conocimiento sobre el animal. A diferencia de los estudios con poblaciones humanas y de animales domésticos, en vida silvestre con alta frecuencia se desconocen las historias de los animales de estudio. Por lo tanto, muchos estudios son puntuales, es decir que se toma en un punto determinado del espacio y el tiempo y por lo tanto reflejan las características instantáneas del animal. En la práctica es imposible, en un corto momento y bajo las condiciones de estrés que caracterizan la captura, definir el estado de salud y bienestar de un animal.
- Limitado conocimiento sobre las especies. En la actualidad hay muchas limitaciones de conocimiento sobre la biología, ecología, medicina y/o comportamiento de una gran cantidad de especies neotropicales, por lo que no es extraño que la información base sea débil al depender de uno o pocos trabajos, de muestras pequeñas y localidades restringidas que hacen dudar de la fuerza de las inferencias que se pretenden dar al nivel de las especies. Esto lleva a la pregunta, necesaria en todo estudio que involucre la salud de animales silvestres -¿Qué significa la observación realizada en el animal y cómo se puede interpretar?-

Por lo general el esfuerzo que representa el estudio de los animales en vida silvestre es alto, por lo que es recomendable tener completa claridad de los requisitos para la toma y conservación de muestras de acuerdo con las variables que se

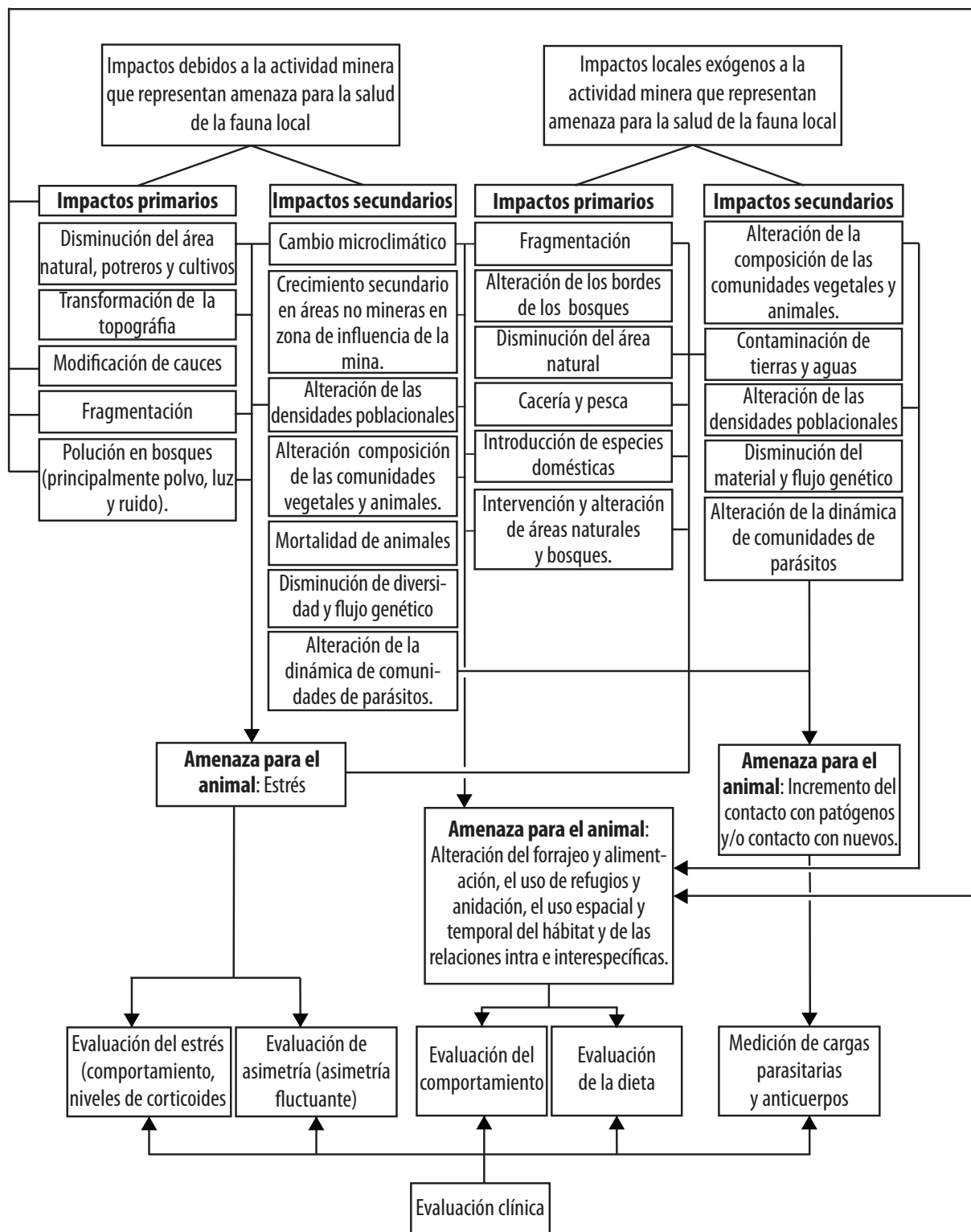


Figura 47. Ejemplo de cómo se pueden hacer asociaciones a partir de la identificación y caracterización de los impactos ambientales con las amenazas para la salud de los animales en el lugar, para identificar variables y relaciones de evaluación.

Tabla 27. Subniveles de estudio en el animal y sus implicaciones prácticas para el trabajo de campo.

Subnivel de muestreo	Aproximación	Muestra/ Técnica o prueba	Licencias y permisos
Molecular	Genética PCR/RT PCT Secuenciación Hibridación	Células, secreciones, excreciones/ Bioquímica, marcadores. La cadena de frío es importante en el mantenimiento de muestras. Los medio de transporte pueden ser específicos según los patógenos a estudiar. Se puede emplear Buffer de lisis para inactivar virus y transportar de manera más segura.	Permisos o contratos de acceso de recursos genéticos en algunos países, como los pertenecientes al CAN, además por lo general de los permisos de investigación en biodiversidad y en algunas partes revisión de comités de ética. Algunas enfermedades de notificación obligatoria requieren de permisos de la autoridad sanitaria del país.
Celular	Bioquímica	Tejido/Marcadores histoquímicos. La cadena de frío es importante en el mantenimiento de muestras.	Por lo general requiere permisos de investigación en biodiversidad. En algunas partes revisión de comités de ética.
Tisular	Patología	Tejido/Morfofisiología microscópica. El mantenimiento de las muestras en conservantes es importante para un buen diagnóstico (Por ejemplo, Formaldehído buferado al 10% en proporción 1:10). Frotis sanguíneo/Coloraciones específicas. Empleo de fijador para evitar deterioro y correcto almacenamiento.	Por lo general requiere permisos de investigación en biodiversidad. En algunas partes revisión de comités de ética.
Órgano y sistema	Patología		Por lo general requiere permisos de investigación en biodiversidad. En algunas partes revisión de comités de ética.
Organismo	Psicológica/ etológica	Medición del comportamiento	No requiere normalmente de permisos si no va a hacerse captura, aunque podrían requerirse en zonas de conservación, reservas indígenas, etc.
Individuo	Examen clínico	Restricción física y/o química de los animales. Examen clínico.	Por lo general la captura requiere de permisos de investigación en biodiversidad. En algunas partes revisión de comités de ética.

medirán; pues en lugares más remotos o de difícil acceso se encontrarán restricciones prácticas que con frecuencia son insalvables si no se han previsto con anterioridad; además, se podrían requerir diferentes tipos de permisos y trámites legales para la captura de animales, toma y transporte de las muestras y su procesamiento (Tabla 27).

Selección de la especie y muestreo: ¿oportunidad vs. necesidad?

Hace unos pocos días cuando se estaba planeando un estudio para la identificación de parásitos en vida silvestre en Colombia, de importancia para salud pública, se tuvo una discusión sobre el significado y valor de muestrear una es-

pecie u otra. Aunque cualquiera podría responder que esto dependería del lugar y la enfermedad que se busca estudiar, se identificaron otros elementos que son relevantes y que tienen que ver con el esfuerzo de muestreo y el éxito de captura; que finalmente definen el balance entre el costo y el beneficio. Así, estos factores juegan un papel importantísimo en la selección de especies, el tamaño de la muestra y tipo de muestreo.

Únicamente para ilustrar el efecto que puede tener este aspecto en la muestra, en la Tabla 28 se presenta el esfuerzo y éxito de muestreo en un estudio realizado en bosque seco tropical en Colombia, por el grupo de trabajo del Centro Araguatos. Aunque las metodologías para las

estimaciones del esfuerzo de muestreo difícilmente permiten una comparación debido a que el cálculo de la intensidad de las metodologías con trampas se hace con base en unidades (trampas-noche) y la de redes de niebla se realiza con base en metros cuadrados-horas); lo que es cierto es que con el mismo personal, en 31 noches se capturaron 7 pequeños y medianos mamíferos en comparación a 287 quirópteros: en todos los lugares se capturaron murciélagos mientras que en 2/7 lugares pequeños o medianos mamíferos terrestres. Este efecto no se presenta únicamente cuando se quieren capturar animales, sino también cuando se realizan estudios de comportamiento. Hay tendencia a observar aquellas especies más conspicuas, fáciles de seguir y que aceptan la presencia de los observadores.

En los estudios de fauna en vida silvestre de comunidades con frecuencia (a no ser que sean especie-específicos, es decir se enfoquen en una determinada especie), no sólo los animales sino las especies que se capturan y examinan, son las más sensibles a los métodos de captura debido a lo cual la muestra no responde verdaderamente al azar. Es importante que durante el planteamiento del trabajo se identifique el efecto de este sesgo y de ser necesario se minimice definiendo la muestra mínima por especie (mínimo número de animales por especie que se deberá estudiar) y utilizando metodologías más sensibles para la observación, captura y/o manejo de las especies objetivo.

Por tanto, por estas razones y las condiciones que en general se tienen en el campo con frecuencia, es más probable que los muestreos en vida silvestre sean más de tipo no probabilístico que probabilístico, como puede concluirse al observar las características generales de los tipos de muestreo:

- Muestreo probabilístico. Cumple el principio de equiprobabilidad; entonces, todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos (mayor de cero) para formar parte

de una muestra. Permite realizar generalizaciones, pues hay certeza de que la muestra extraída es representativa y se pueden determinar los errores de estimación.

- Muestreo aleatorio simple: Otorga la misma probabilidad a todos los elementos de la población de ser muestreados. Requiere del tamaño poblacional, del error admisible y de la estimación de la varianza. Tiene poca o ninguna utilidad práctica cuando la población es muy grande y es desconocida, como ocurre con frecuencia en las condiciones de estudio de vida silvestre.
- Muestreo aleatorio sistemático: Cumple los mismos principios que el anterior, pero no requiere tener el marco muestral. Se elige el primer individuo al azar y el resto viene condicionado por éste. Tiene una amplia gama de aplicación, pero no es adecuado en circunstancias que ocurra periodicidad. Se utiliza cuando el universo o población es de gran tamaño, o ha de extenderse en el tiempo.
- Muestreo aleatorio estratificado: Considera categorías o estratos homogéneos respecto a alguna característica, garantizando que todos los estratos de interés estén representados; por esto es necesario el conocimiento detallado de la población. Cada estrato se constituye en una unidad independiente. La muestra se puede determinar por asignación proporcional (el tamaño dentro de cada estrato es proporcional al tamaño del estrato dentro de la población) o asignación óptima (la muestra recogerá más individuos de los estratos con más variabilidad). Carece de utilidad práctica cuando la población es desconocida, como ocurre con frecuencia en las condiciones de estudio de vida silvestre.

- Muestreo aleatorio estadios múltiples: Subdivide la población en varios niveles ordenados que se extraen sucesivamente por medio de un procedimiento de embudo. El muestreo se desarrolla en varias fases o extracciones sucesivas para cada nivel. Se aplica cuando no se tiene la lista completa de la población o cuando el muestreo simple o estratificado requiere de una muestra con unidades que resultan de difícil acceso.
- Muestreo aleatorio por conglomerados: La unidad muestral es un grupo de elementos de la población que forman una unidad (conglomerado). Se eligen los grupos a muestrear completamente entre el total de los grupos identificados en la población.
- Muestreo no probabilístico. No cumple el principio de equiprobabilidad; no todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra. No sirven para realizar generalizaciones, pues no se tiene certeza de que la muestra extraída sea representativa. Sin embargo, se pueden seguir algunos criterios para que la muestra sea representativa:
 - Muestreo por cuotas (accidental): Se tiene buen conocimiento de los estratos de la población y/o de los individuos más representativos, por lo que se semeja al muestreo aleatorio estratificado, pero carece de aleatoriedad. Se fijan cuotas de número de individuos que reúnen unas determinadas condiciones.
 - Muestreo intencional: Se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras representativas mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.
 - Muestreo casual o incidental: Se trata de un proceso en el que el investigador selecciona directa e intencionadamente los individuos de la población. El caso más

frecuente de este procedimiento es el utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso.

En conclusión se puede decir que en el estudio de la fauna se maximiza la dificultad de la ciencia para inferir el comportamiento de la naturaleza: *“Desde un punto de vista lógico, dista mucho de ser obvio que estemos justificados al inferir enunciados universales partiendo de enunciados singulares, por elevado que sea su número, pues cualquier conclusión que saquemos de este modo corre siempre el riesgo de resultar algún día falsa: así, cualquiera que sea el número de ejemplares de cisnes blancos que hallamos observado, no está justificada la conclusión de que todos los cisnes sean blancos”* (Popper, 1962).

BIENESTAR Y COMPORTAMIENTO EN EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA

Las ventajas y posibilidades de observar el comportamiento con el objetivo de evaluar la salud de la fauna son grandes. Las respuestas de los animales a los disturbios ambientales y orgánicos se pueden manifestar tempranamente mediante la alteración de algunos comportamientos de individuos y grupos. Es algo natural que es comprendido dentro de la vida cotidiana, ya que inclusive sin ninguna formación o experiencia, las personas son conscientes de que muchos problemas físicos se manifiestan de manera inicial por cambios ligeros en el comportamiento; como por ejemplo, cuando alguien que normalmente es alegre se encuentra callado, si es de buen apetito y de repente se muestra algo inapetente, o de repente y sin explicación aparente se vuelve irritable.

Muchas veces estos signos, simples, son suficientes para consultar al médico y detectar tempranamente un problema de salud, que no rara

Tabla 28. Esfuerzo de captura, capturas y éxito de captura de pequeños -medianos mamíferos (trampas Sherman y Tomahawk) y murciélagos (redes de niebla) en siete sitios de muestreo en bosque seco tropical, Colombia.

Localidad	Pequeños y medianos mamíferos terrestres			Murciélagos		
	EC*	Cp	Ex	EC*	Cp	Ex
A	62	0	0	2291,2	77	0,034
B	64	2	3,1	661,3	52	0,079
C	71	0	0	1390,1	43	0,031
D	34	0	0	1790,0	67	0,037
E	56	0	0	385,0	10	0,026
F	55	5	9,1	955,0	20	0,021
E	38	0	0	426,3	18	0,042
TOTAL	380	7	1,8	7898,8	287	0,036

EC= Esfuerzo de captura (trampas-noche o m2 de red-horas), Cp.= Ejemplares capturados, Ex= Exito de captura (%). *Las unidades de esfuerzo de captura varían por los métodos utilizados; sin embargo, para ambos grupos el trabajo total consistió en 31 noches. Fuente: Centro Araguatos.

vez representa alta gravedad. En este ejemplo, se manifiesta un proceso intuitivo e impreciso, pero válido, ya que es útil para entender que “algo ocurre”. Por otra parte, en la historia clínica, el médico compila los datos sobre los cambios en el comportamiento, así parezcan vagos, los organiza y los procesa (les da un significado junto con los obtenidos durante el examen), de manera se constituyen en información valiosa para guiar el diagnóstico y tomar decisiones. Un procedimiento similar, aunque con diferencias lógicas, puede ocurrir en un consultorio veterinario cuando el paciente es una mascota y su comportamiento es bien conocido por el propietario.

De todas formas, este sencillo ejemplo práctico pone de alguna manera en evidencia la poca pertinencia de la concepción tradicional de la separación del cuerpo y la mente tanto en humanos como animales; lo que de acuerdo con Fox (2005) ha tenido grandes repercusiones en el desarrollo de la medicina humana y veterinaria al haber dicotomizado la unidad esencial organismo-ambiente con la tendencia de subestimar las

influencias sociales y ambientales en el bienestar físico y emocional.

Por lo tanto, a pesar que algunos parecen dudar todavía, es razonable aceptar que desde hace muchos años se reconoce que la salud de los animales como de las personas, está altamente influenciada por las emociones. Cannon (1928), en su libro *“Bodily changes in pain, hunger, fear and rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement”* llamaba la atención sobre la poca pertinencia de hacer diferenciaciones en las respuestas emocionales y fisiológicas que se presentan entre los animales y el ser humano y decía en el prefacio: *“En los últimos cuatro años se ha realizado en el Laboratorio de Fisiología de Harvard una serie de investigaciones sobre los cambios corporales que ocurren junto con el dolor, hambre y las emociones mayores. Un grupo de alteraciones notables en la economía del cuerpo ha sido descubierta, todas las cuales pueden razonablemente ser tomadas como respuestas que están bien adaptadas al bienestar y preservación del individuo”*. Desde entonces, la literatura que se

ha generado de los efectos psicológicos sobre la salud y bienestar es muy extensa. Ader (1981) por ejemplo, recopiló el trabajo de varios autores de los efectos psicológicos sobre el sistema inmune.

Quizás en la medicina de especies silvestres que se ha desarrollado con una mayor integración e influencia de la biología y la ecología, se ha reconocido por más tiempo la importancia en la salud de las relaciones entre las poblaciones, comunidades y el hábitat, y por ende se le da alta prioridad a la adaptación de los animales y la respuesta al entorno ambiental y social. Así, hace muchos años, Yerkes (1925) y Hediger (1955) ya resaltaban la necesidad de proveer estimulación social y física a los animales en cautiverio como requisito para su bienestar y salud.

La literatura es extensa y documenta en diversas especies la observación del comportamiento para evaluar la adaptación de los animales a los hábitats. El vínculo teórico y práctico bienestar-comportamiento está bien establecido, e inclusive se define como "etología aplicada" al estudio del comportamiento de los animales en relación con su bienestar y manejo (Gonyou, 1994; D.S. Mills *et al.*, 2010). Algunas revistas especializadas en bienestar animal como por ejemplo, *Animal Welfare* (University Federation of Animal Welfare, UK) y *The Journal of Applied Animal Welfare Science* (Animals and Society Institute, Inc, USA) publican permanentemente artículos científicos y técnicos sobre la medición del bienestar a través del comportamiento. A su vez, es evidente que los conceptos de bienestar y salud son dependientes entre sí, por lo que son indudables los beneficios y oportunidades que tiene la medición del comportamiento para evaluar la salud de la fauna.

Restricción ambiental: alteración de la conducta, frustración y aburrimiento

El comportamiento depende de factores múltiples: procesos cognitivos que involucran las representaciones del ambiente y elementos aso-

ciados como objetivos, expectativas y efectos; estímulos externos que tienen la tendencia de disparar comportamientos particulares; la ejecución de un comportamiento que es importante para el animal además de cualquier resultado obtenido y procesos de transición-sesgo en los que el rol, dada la ocurrencia de un comportamiento, es favorecer las consecuencias de conductas funcionalmente relacionadas (Toates, 2000). Por tanto, cualquier elemento que altere uno o varios de estos factores podrá repercutir en el desarrollo de la conducta y el estado mental del animal.

Entonces es razonable aceptar que la restricción de estímulos y la presentación de estímulos anormales tienen impacto sobre el organismo en vida libre. Sin embargo, aunque la literatura publicada es amplia sobre el efecto del cautiverio y la bondad de proveer hábitats artificiales complejos y estimulantes (Shyne, 2006; Swaisgood & Shepherdson, 2006), es escasa en los efectos sobre el desarrollo y el comportamiento que podría conllevar la privación o restricción de estímulos en hábitats naturales modificados, como por ejemplo, en lugares donde se observa urbanización y fragmentación, etc. Así, la información proveniente de estudios en animales en cautiverio puede servir para aproximarse a las problemáticas que podrían afectar la salud mental y física de las poblaciones de fauna. Es más, algunos autores relacionan el enriquecimiento del ambiente con la respuesta inmune (Nazar & Marin, 2011).

Una de las consecuencias del empobrecimiento del hábitat y la falta de estímulos es el aburrimiento. Heron (1957) en investigaciones en sujetos humanos sobre los efectos de la exposición prolongada a ambientes monótonos, observó alteraciones en los patrones de las ondas cerebrales, el pensamiento y la percepción visual, aparición de alucinaciones visuales y auditivas y de respuestas emocionales infantiles. Sin embargo, aunque el aburrimiento en seres humanos es ampliamente estudiado y algunos consideran

que es posible identificar signos de aburrimiento crónico y depresión en animales similares a los que se observan en el ser humano, no es fácil definir y diagnosticar este estado en los animales.

Es más, la medición no está exenta de controversia debido a que algunos consideran que la valoración cualitativa es subjetiva y responde a juicios antropomórficos. De todas formas, signos que varíen y no tengan explicación, como letargia, irritabilidad, ansiedad, inquietud, agitación y hostilidad; pueden ser indicadores de aburrimiento en la fauna (Wemelsfelder, 2005).

Varias anomalías en el comportamiento se relacionan con hábitats poco estimulantes o “anormales” del cautiverio, que de acuerdo con Mills (2003) pueden derivar en comportamientos maladaptativos (la respuesta de un animal normal a un ambiente anormal) y malfuncionales (anormalidades en el desarrollo cerebral, neuroquímica y psicológica inducidas por características del ambiente). Éstas pueden clasificarse en cualitativas y cuantitativas.

Los trastornos cualitativos son aquellos comportamientos que no se observan en la especie (por lo general en la vida silvestre) y los cuantitativos son los observados normalmente en la especie, pero se observa alteración en la frecuencia o intensidad.

Trastornos cualitativos del comportamiento

Comportamientos estereotipados y comportamientos anormales repetitivos

La presentación de los comportamientos estereotipados se describe para cautiverio y se relaciona con la falta de oportunidad para manifestar conductas estimulantes como forrajeo y cacería, interacción social o escape y por lo tanto se asocia con frustración. A su vez, se relaciona con el mal funcionamiento de las capacidades de atención y la habilidad de control voluntario (Wemelsfelder, 2005). Los comportamientos estereotipados se han observado en diversas especies animales acuáticas

y terrestres, incluyendo mamíferos, aves y peces (Martins *et al.*, 2011; Mason & Rushen, 2006; L. J. Miller, Kuczaj, & Herzing, 2011; Seibert, 2005).

A pesar que por lo general se denomina como comportamiento estereotipado aquel que se ejecuta repetidamente, con un patrón fijo de acción y sin fin aparente; el término presenta algunas limitaciones y confusiones debidas a la amplia interdisciplinariedad con lo que se ha utilizado el concepto y a que estas propiedades cubren un extenso margen de comportamientos heterogéneos. Por ejemplo, se denominan estereotipados a comportamientos tales como; caminado, paseado y nado repetitivo; acurrucamiento, mecimiento y agitación de la cabeza, mecimiento, picotaje improductivo (Martins *et al.*, 2011; Seibert, 2005).

De acuerdo Würbel (2006), la teoría sobre los estereotipados debería cubrir comportamientos apetitivos o redireccionados unidos a sistemas motivacionales específicos y signos ambientales, como al establecimiento de estereotipados que se han independizado del efecto ambiental. Para Garner (2005, 2006), los comportamientos anormales repetitivos se diferencian en dos categorías: impulsivos/compulsivos y estereotipados. Los primeros varían en su patrón de acción y tienen un objetivo, mientras los segundos no, y su definición correspondería a la dada por la etología.

Por otra parte, según Hart *et al.* (2010), los comportamientos estereotipados deben distinguirse de los comportamientos anormales repetitivos, ya que a pesar que en ambos hay alteración neurofisiológica, los comportamientos estereotipados son un respuesta al ambiente mientras que los anormales repetitivos se derivarían de inflexibilidad cognitiva innata; también, los estereotipados se vinculan al disturbio en el desarrollo del striatum y la ruta corticostriatal, mientras los otros a alteraciones en las estructuras corticales prefrontales. Algunos autores consideran el comportamiento estereotipado como una patología (Mason & Rushen, 2006).

Aunque los comportamientos estereotipados han sido ampliamente documentados en cautiverio, poco o nada es lo que se reporta para la vida silvestre. Solamente se encontró un registro de Miller *et al.* (2011) que sugiere la presentación movimientos natatorios estereotipados en tiburones limón (*Negaprion brevirostris*). Este estudio llama la atención, más allá de cualquier debate que se pueda generar por la dificultad práctica de definir y limitar el comportamiento estereotipado, sobre el impacto negativo sobre el comportamiento que puede generarse en ecosistemas naturales bajo intervención o manejo intensivo antrópico.

Ingestión aberrante de alimentos (pica)

Trastornos en el comportamiento alimenticio caracterizado por la ingestión aberrante de alimentos u objetos, como litofagia, coprofagia, geofagia, etc. En esta apreciación es necesario considerar que algunas especies pueden consumir normalmente algunos elementos, como por ejemplo en algunas aves y reptiles el consumo de piedras. La coprofagia en chimpancés es interesante para entender la presentación de comportamientos anormales, tanto en vida silvestre como en cautiverio. Según Goodall (2006), ésta se observa con alguna frecuencia en cautiverio en donde se relaciona con adaptación, pero no normalmente en vida silvestre donde sólo se ve bajo circunstancias muy específicas que se relacionan con eventos de enfermedad o debilitamiento del animal. Es decir, aunque la motivación difiere entre uno y otro ambiente, en ambos puede considerarse como un comportamiento anormal.

Trastornos cuantitativos del comportamiento

Sobregresión y autoagresión

Un aspecto que podría ser importante bajo condiciones de empobrecimiento del hábitat y la presión sobre las estructuras sociales en vida sil-

vestre, es la alteración de los comportamientos agonistas; ya que estos representan mecanismos adaptativos con bases genéticas que son moldeados por la experiencia. En primates está documentado en cautiverio, que ambientes inapropiados o pobres estimulan el comportamiento agresivo, mientras que la provisión de ambientes enriquecidos apropiados lo reducen (Honest & Marin, 2006).

Acicalado y/o rascado excesivo

En las aves se relaciona el aburrimiento con el desorden autodesplumado (Seibert, 2005).

Desórdenes cuantitativos del apetito (hiperfagia, hipofagia polidipsia)

Los trastornos en la alimentación se relacionan con frecuencia con problemas de adaptación. Se observa incremento o disminución nerviosa en el consumo de alimento que puede ser difícil de diferenciar de alteraciones metabólicas ideopáticas.

Variaciones en vocalización

Trastornos en vocalización se ha observado en lugares con alteración de ecosistemas naturales en primates (Nijman, 2001). En cautiverio se relaciona vocalización excesiva en aves con problemas ambientales (Seibert, 2005).

EL ESTRÉS

En la medición del comportamiento de un animal o población con fines aplicados es necesario entender la forma como los individuos se relacionan con sus congéneres y con otros elementos bióticos y abióticos del hábitat; ya que el organismo, dependiendo de la historia coevolutiva de la especie y su hábitat y de diversos factores individuales que dependen de su paquete genético y de las experiencias tenidas a través de su vida, responde a los estímulos y cambios ambientales que ocurren de forma permanente y en el caso de no adaptarse, muere.

El disturbio en la homeóstasis genera respuestas somatoviscerales-metabólicas y psíquicas que en conjunto se le da la denominación de estrés, el que ha sido estudiado amplia y profundamente desde que Selye (1936) describió por primera vez, lo que él denominó, el síndrome producido por diversos agentes nocivos; debido a lo cual su entendimiento es esencial para comprender los sucesos que ocurren en un animal para adaptarse y por ende, en las repercusiones para la salud individual y poblacional.

Los efectos adaptativos de la respuesta del estrés incluyen el incremento de la disponibilidad inmediata de energía, el incremento del consumo de oxígeno, la disminución de flujo sanguíneo en áreas no necesarias para el movimiento, la inhibición de la digestión, función inmune reproducción, y percepción del dolor, y el incremento de la memoria y función sensorial. Es claro entonces, que el problema del estrés no es la respuesta psicológica y fisiológica que representa un mecanismo necesario de adaptación, sino el efecto adverso sobre el organismo cuando esta no ha sido suficiente para afrontar el agente nocivo; en consecuencia los efectos patológicos pueden involucrar los sistemas cardiovascular, reproductivo, digestivo, inmune y nervioso.

Cuando un animal se expone al estresor, se espera la respuesta rápida y alta que conlleva la elevación de los glucocorticoides circulantes entre los dos y diez minutos, para luego en cuestión de minutos u horas caer nuevamente a los niveles basales. Pero si la elevación persiste por largo tiempo, los beneficios a corto plazo se convierten en patologías crónicas y la respuesta aguda adaptativa se debilita y es insuficiente para resistir nuevos estímulos nocivos (Creel, 2001).

Altas concentraciones crónicas de cortisol circulante se han asociado con el aumento de la reacción paralizante y la disminución de la aproximación activa y reacción de evitamiento hacia el agente estresor (Kalin, Shelton, Rickman, & Da-

vidson, 1998; Nunez, Ferre, Escorihuela, Tobena, & Fernandez-Teruel, 1996); también se relacionarían con cambios celulares, neuroquímicos y neuroanatómicos que afectan la neuroplasticidad, es decir, la habilidad del cerebro para responder y adaptarse al ambiente y que derivan en desordenes depresivos y de ansiedad de manera similar a los mecanismos que ocurrirían en la diabetes (Reagan, Grillo, & Piroli, 2008).

El impacto del estresor está determinado por la habilidad individual de manejar satisfactoriamente la situación (Koolhaas *et al.*, 1999). El efecto a corto y largo plazo sobre el comportamiento responde a varios elementos: la ACTH y los glucocorticoides inducen a cambios en la actividad mental, pero los efectos son diversos, observándose cambios en el estado de ánimo positivos como negativos; los corticoesteroides alteran la excitabilidad cerebral cubriendo los receptores específicos de los glucocorticoides y afectando el metabolismo celular. Su objetivo primario parece ser el núcleo multisináptico del núcleo reticular mesencefálico y sus proyecciones a las estructuras límbicas y no los mecanismos sensoriales. También se sugiere la disminución de la transmisión sináptica.

Por su parte, la ACTH en ratas incrementa su desempeño en laberintos, disminuye la extinción de la respuesta de evasión, disminuye la extinción de la respuesta condicionada a la alimentación, afecta el comportamiento sexual y el almacenamiento de la memoria reciente. Adicionalmente, péptidos tipo ACTH estimulan el rascado y acicalado y la ACTH y las B-endorfinas inducen al acicalamiento excesivo. Diferentes estresores pueden promover la liberación de vasopresina y oxitocina: la vasopresina estimula la capacidad de aprendizaje, la retención del comportamiento de evasión y el atraso en la extinción de la evasión activa, y la oxitocina por su parte, tiene un efecto en la memoria opuesto al de la vasopresina.

Se sugiere que la epinefrina es el principal factor para la consolidación de la memoria y su efecto puede facilitarse por la vasopresina y péptidos tipo ACTH (Endröczi, 1991; Vedhara, Hyde, Gilchrist, Tytherleigh, & Plummer, 2000).

Los estresores o fuentes que pueden producir disturbio son múltiples. Singh (2003) por ejemplo, categoriza los estresores ambientales para animales y plantas como bióticos (físicoquímicos: climáticos, topográficos y contaminantes) y bióticos (biológicos: patogénicos, nutricionales); pero deja a un lado importantes elementos psicológicos (estrés emocional) que conlleva respuestas adaptativas en el animal, como miedo, aprensión, ansiedad.

Sapolsky (1990) llamó la atención sobre los mecanismos emocionales que conlleva el estrés social al estudiar en vida silvestre el efecto del estatus social sobre el éxito reproductivo y la salud en babuinos (*Papio anubis*) y Creel (2001) hizo una revisión de los estudios sobre los niveles basales de glucocorticoides y el estatus social. Varios estudios demuestran que el estrés psicológico desencadena lesiones en animales, como alteraciones gastrointestinales (Nabavizadeh, Vahedian, Sahraei, Adeli, & Salimi, 2011). Tamashiro *et al.* (2011) sugieren que los cambios neuroquímicos asociados al estrés crónico social influyen en el consumo de comida y la regulación del peso que derivan en desordenes metabólicos.

Comúnmente el personal a cargo del cuidado de los animales silvestres en cautiverio relaciona la privación de estímulos con el estrés por la frustración que presentaría el animal al no poder desarrollar sus conductas naturales y que derivaría en una mala adaptación. Los animales en cautiverio o en hábitats que están sufriendo alta intervención antrópica puede encontrar la presentación anormal cualitativa y/o cuantitativa de estresores

bióticos y abióticos en relación con los hábitats naturales con baja o ninguna intervención.

Por ejemplo, eventos que se han sugerido es-tresantes en cautiverio podrían presentarse en vida silvestre, que de no tener la magnitud suficiente para producir la muerte del animal o afectar evidentemente su bienestar, actuarían como componentes claves al alterar la ejecución del comportamiento típico de la especie o llevarlo a perder el control sobre su hábitat; por ejemplo, la alteración en la ejecución de comportamientos reproductivos, el incremento a la exposición a predadores por alteración de refugios y las disrupciones en la composición social (Garner, 2005).

Los estresores que se podrían presentar en vida silvestre en ecosistemas intervenidos pueden identificarse a partir de los listados para cautiverio por Morgan & Tromborg (2007), los cuales pueden relacionarse a su vez con efectos negativos al incrementarse la predictibilidad y disminuirse el control por la baja complejidad de hábitat (Bassett & Buchanan-Smith, 2007).

En lugares bajo fuerte presión antrópica se espera disminución en la complejidad y el aislamiento del ecosistema que podría conllevar la restricción de estímulos y en casos de urbanización o formación de fragmentos pequeños; al aumento de la predictibilidad del medio, la disminución en el control que el animal pueda tener sobre su entorno y en casos más extremos, presentarse inclusive aburrimiento (Ditchkoff, Saalfeld, & Gibson, 2006).

Kight & Swaddle (2011) hacen énfasis sobre el efecto del ruido en el animal considerando elementos moleculares y celulares involucran los sistemas neuroendocrino, reproductivo, el metabolismo, desarrollo, cardiovascular, cognitivo, auditivo, inmune, integridad del DNA y la expresión genética.

Tabla 29. Estresores para la fauna en cautiverio y sus equivalentes en vida silvestre.

Cautiverio (Morgan & Tromborg, 2007)	Ecosistema natural intervenido o modificado
<i>Estresores abióticos ambientales: presencia o ausencia de estímulos sensoriales críticos</i>	<i>Estresores abióticos ambientales: presencia o ausencia de estímulos sensoriales críticos</i>
Sonido	Maquinaria, vehículos, generadores, etc. (AMEC Americas Limited, 2005)
Iluminación	Iluminación artificial (Bird, Branch, & Miller, 2004)
Olores	
Experiencia térmica y táctil	
Sustrato	
<i>Estresores específicos al confinamiento</i>	<i>Estresores específicos a la reducción de hábitat disponible y fragmentación</i>
Restricción de la movilidad	Alteración de patrones de movimiento y actividad (Riley <i>et al.</i> , 2003)
Ausencia de espacio de retirada	Exposición a predadores por alteración de refugios (Garner, 2005)
Proximidad forzada a seres humanos	Incremento de presencia de seres humanos (Gill, 2007; González <i>et al.</i> , 2006; A. R. Taylor & Knight, 2003).
Cuidado rutinario (predicibilidad y pérdida de control)	
Restricción de oportunidades de forrajeo y alimentación	Modificación y disminución de oportunidades de forrajeo (Rohr <i>et al.</i> , 2004).
Grupos sociales anormales	Alteración de las actividades reproductivas y de las dinámicas demográficas y poblacionales (Ditchkoff <i>et al.</i> , 2006; Garner, 2005; Gill, 2007).

APLICACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN EL ESTUDIO DE LA SALUD DE LA FAUNA

Muchas veces es difícil identificar tempranamente cambios de comportamiento en los animales silvestres, inclusive en condiciones en cautiverio. La cualificación y cuantificación de un problema y su asociación al estado de salud requiere de procesos sistemáticos y de análisis detallados que representan un esfuerzo grande, pero que vale la pena si se considera que la evaluación del comportamiento animal en el estudio de la salud de la fauna es quizás una de los más importantes elementos de análisis con que se puede contar en vida silvestre. Esto no sólo porque puede contribuir a entender el bienestar de los animales, sino que de acuerdo con Festa-Bianchet & Apollonio (2003) quienes compilaron una serie de trabajos que demuestran como el comportamiento en los individuos, puede contribuir a entender las

características estructurales y funcionales en las comunidades y ecosistemas.

De acuerdo con estos autores, hay varios niveles en la heterogeneidad que incluyen, la diferenciación entre especies, entre poblaciones diferentes de una misma especie, entre grupos de sexo y edad, y finalmente entre individuos por las preferencias de cada animal a partir de sus propias experiencias. Es más, Gosling (2003) dice que el entendimiento del comportamiento individual es fundamental para dar mayor confiabilidad a los modelos poblacionales.

A pesar que la observación del comportamiento en animales silvestres cautivos es una práctica ampliamente utilizada para evaluar su adaptación al medio ambiente (por ejemplo, encierro) e identificar problemas en su salud; ésta es menos difundida en vida silvestre a pesar de las ventajas que tiene por requerir metodologías poco o nada invasivas que permiten detectar de manera temprana signos y que son de bajo costo. Igualmente en campo, permite obtener información detallada

y cuantificable de la forma como los animales utilizan su hábitat.

Los datos se pueden analizar y comparar, de manera que son útiles con fines de monitoreo y para detectar de manera temprana como un disturbio afecta a un individuo, grupo, población y comunidad.

Medición del comportamiento para la evaluación de la salud

Si bien es cierto que la intención de la observación del comportamiento en el presente libro es su aplicación para el entendimiento del estado del bienestar y la salud animal en un lugar, es necesario de todas formas conocer los fundamentos del estudio del comportamiento animal, el cual tiene bases como ciencia básica y experimental, se conforma de métodos para la contrastación de hipótesis, variables cuantificables y relación con otras áreas del conocimiento. Sus métodos incluyen investigación correlacional, investigación experimental y observación naturalista.

Desafortunadamente, el valor y la confiabilidad de la información sobre el comportamiento de la fauna son con frecuencia dudosos por varias razones, que por lo general se derivan del deficiente conocimiento de las metodologías y análisis de observación. Es lamentable la frecuencia con la que se ven investigadores, principalmente estudiantes, que han invertido varios meses y que en el momento de analizar los resultados se dan cuenta que sus metodologías de observación no fueron las más adecuadas para los propósitos que tenían. Aunque en muchos casos se terminan ajustando los resultados a las necesidades, este hecho deja dudas de la rigurosidad del diseño del trabajo y de las metodologías empleadas y por tanto, del valor de los análisis.

La persona que quiere medir el comportamiento para evaluar la salud de los animales y no tiene entrenamiento y fundamentación en esta compleja área del conocimiento, debe entender

que a pesar de la aparente informalidad y facilidad que a primera vista puede creerse de los métodos de observación, estos requieren como cualquier otra medición rigurosa, del planteamiento de objetivos y procedimientos claros, replicables y verificables.

Se debe tener conciencia de la importancia de la objetividad en el estudio del comportamiento, ya que quizás como ninguna otra disciplina, es altamente susceptible a sesgos derivados de la tendencia del observador de involucrar las experiencias propias y humanizar lo observado (antropomorfismo): es fácil observar lo que se desea ver, y pasar por alto aquello que no se quiere ver. Es necesario diseñar metodologías de observación para alcanzar los objetivos propuestos e identificar a su vez, los factores que podrían limitar la calidad del estudio. Los resultados de naturaleza cuantitativa deben poderse relacionar con otras variables que contribuyan al entendimiento del estado de salud de los animales.

A continuación se presentan algunos métodos que han sido utilizados por los autores como parte de las metodologías de evaluación de la salud de animales silvestres. Como guía de campo es especialmente útil el libro *"Measuring behaviour"* de Martin & Bateson (1986), la que se puede denominar como de bolsillo, por su practicidad, organización y fácil comprensión. También el libro de Lenher (1998), presenta una descripción detallada de los métodos de medición y análisis.

Procesos preliminares: conociendo las posibilidades y limitaciones

Con el fin de garantizar que la validez y fiabilidad de los datos, es importante entender la precisión, exactitud, sensibilidad, especificidad, resolución y consistencia de los métodos que se aplican; debido a lo cual se requiere la planeación detallada con suficiente anticipación. También, mediante una buena preparación se puede anticipar situaciones, riesgos e imprevistos que podrían afectar la viabi-

lidad del estudio, para así definir y tomar medidas para prevenirlos o mitigarlos.

Antes de viajar al campo

La intención del porqué se va a observar el comportamiento de los animales en el campo y como se correlacionará con otras variables para el diagnóstico de la salud de la fauna en un lugar debe ser clara, para identificar las especies objeto de observación, las metodologías y análisis.

El conocimiento de la especie a estudiar es un aspecto muy importante para poder registrar su comportamiento. Aunque hay desconocimiento sobre muchos animales; en la actualidad afortunadamente son abundantes los estudios que se están realizando en diversas especies en muchos lugares del mundo, tanto en cautiverio como en el campo. Además de la información publicada en libros y revistas de acceso mundial, en Latinoamérica existe una gran cantidad de trabajos en las universidades y centros de investigación locales, que en los últimos años han empezado a ser conocidos gracias a las bases de datos de las bibliotecas que se pueden acceder por Internet. En el caso colombiano, una fuente importante son los trabajos de pregrado y posgrado de las universidades que por lo general tienen información bastante confiable gracias a que han sido revisadas por dos pares, aunque de todas formas debe utilizarse con precaución.

Es también recomendable para el observador no familiarizado con una especie realizar observaciones previas en un lugar en cautiverio. Algunos países latinoamericanos tienen fácil acceso a zoológicos, pero otros, como lo es el caso colombiano, cuentan con muy pocos, por lo que pueden ser útiles también los zocriaderos y centros de rescate y rehabilitación. Las preobservaciones ayudan a definir qué tipo de equipo se debe utilizar (por ejemplo, binoculares, cámaras de filmación, cámaras trampa-fotográficas, libretas y formatos de registro, etc.), identificar patrones que puedan

ayudar en campo a distinguir los animales, diferenciar machos y hembras, identificar categorías de comportamiento, familiarizarse con el etograma de la especie, prever algunas situaciones que podrían suceder durante las observaciones, etc.

En el campo

La habituación de los animales a la presencia de los observadores, es quizás uno de los más grandes dilemas que representa la observación del comportamiento en las poblaciones silvestres, por las enormes ventajas que tiene, pero también por las desventajas que representa. McCullough (1982) definió la habituación al ser humano como la disminución de la respuesta del animal a los humanos después de varias interacciones no negativas. Es decir, la habituación se refiere en la práctica, al acostumbramiento de los animales a los observadores, de manera que su comportamiento no es alterado por su presencia, al menos aparentemente; ya que se podría pensar que el comportamiento animal siempre estará influenciado por la presencia humana. Por ejemplo, Rasmussen (1991) encontró que un grupo de macacos *Macaca arctoides* después de 14 años seguía influenciado por los observadores. Por tanto, se incrementa el tiempo de contacto y disminuyen los comportamientos de huida, escondida y despliegues agonísticos.

La habituación difiere por varios factores, como la especie, el lugar, el terreno, las experiencias previas de los animales y el comportamiento de los observadores. Se puede prever que en los lugares frecuentados por personas y donde hay baja presión de caza, los animales tienden a habituarse más rápidamente; mientras que en los sitios apartados con poca circulación o en aquellos donde hay cacería se dificulta más el proceso. Por ejemplo, en el trabajo que se realizó por el Centro Aruato en los Llanos orientales, después de diez meses no se logró la habituación de los maiceros y los monos aulladores). Williamson &

Feistner (2003) discuten varios aspectos referentes a la habituación de primates.

El comportamiento de los observadores es de suma importancia durante la habituación, ya que esta se dificultará si hay muchas personas siguiendo los animales, se hace ruido, movimiento bruscos, o se trata de llamar su atención lanzándoles objetos. Un factor que se debe analizar es el beneficio de realizar capturas (por ejemplo, para identificación) sobre el impacto negativo que se tiene sobre el comportamiento, lo que estará lógicamente influenciado por la especie.

En los estudios de campo que se han realizado en el Centro Araguatos, se observa que los grupos de monos aulladores capturados y liberados se muestran nerviosos ante observadores aun después de varios años, pero también algunos individuos parecen recobrase rápidamente de las capturas, e inclusive se acostumbran y caen en las trampas varias veces. Este caso se vio en los titis (*Saguinus oedipus*) que son estudiados por el Proyecto Tití en Bolívar, Colombia. Las capturas podrán ser beneficiosas en especies altamente crípticas y/o móviles, en las cuales las ayudas telemétricas para su localización pueden contribuir enormemente a incrementar los encuentros a pesar del miedo que puede derivarse de la captura, y el que finalmente tiene poco efecto sobre la posibilidad de observación debido al comportamiento mismo de la especie. Este puede ser el caso de algunos carnívoros.

Los objetivos

La definición de los objetivos de la observación del comportamiento definirá el diseño del trabajo, la metodología de la observación, la forma de análisis, la relación con otras variables y lógicamente los alcances del estudio. Por tanto, estos deben formularse cuidadosamente de manera que la información sea útil para la evaluación de la salud y pueda relacionarse con los otros resultados.

Nunca debe abordarse un estudio de comportamiento sin haber establecido un objetivo previo y las relaciones con otras variables para entender el estado de la salud de un animal, una especie y un ecosistema: la creencia de que las observaciones pueden manejarse y adaptarse a las necesidades, indudablemente conllevará a la pérdida de los esfuerzos realizados.

Métodos de observación

La literatura sobre la observación, registro y análisis del comportamiento animal es amplia, debido a lo cual no se van a describir en detalle aquí las metodologías, sino más bien la experiencia de los autores en su aplicación práctica en diferentes contextos relacionados con la salud animal y del ecosistema, que se utilizan en cautiverio, como en vida silvestre. En ecosistemas que están sufriendo intervención activa y directa antrópica, la alteración es grande y se puede esperar trastorno de algunos comportamientos, como por ejemplo, forrajeo y alimentación, reproductivo, actividad y uso de espacio. Por tanto, en estos casos se recomienda identificar especies que sean sensibles a los cambios que se estén observando y en las que sea factible de monitorear su comportamiento a través del tiempo.

De acuerdo con Martin & Bateson (1986), las metodologías cualitativas pueden ser útiles cuando se pretenda identificar una situación o comportamiento en que se considere clave su presentación (por ejemplo, la identificación y descripción de un comportamiento en una especie en un lugar) en términos de estructura (aparición y patrón); la consecuencia sobre el ambiente, el animal u otros individuos y su relación con el ambiente y otros animales. La medición del comportamiento puede cuantificarse de acuerdo con la latencia (tiempo entre la presentación del estímulo y la presentación del comportamiento), frecuencia (número de ocurrencias del comportamiento en una unidad de

tiempo), duración (longitud de tiempo en la que ocurre un patrón de comportamiento) e intensidad. Se debe recordar que según estos autores, por lo general las reglas de muestreo se definen por los objetivos y condiciones del trabajo:

- Muestreo *ad libitum*: El observador registra sus observaciones a su parecer. Útil para familiarizarse con una especie y las condiciones en un lugar y para registrar Eventos singulares e importantes.
- Muestreo focal: Se observa un individuo por un tiempo específico. Es útil cuando se estudian grupos, pero es limitado en vida silvestre cuando las condiciones de seguimiento y observación dificultan la visibilidad permanente de los individuos.
- Muestreo por barrido o escaneo: El grupo de individuos es rápidamente barrido a intervalos regulares y el comportamiento de cada animal es registrado en ese instante.
- Muestreo por comportamiento: Se registra la ocurrencia de un tipo de comportamiento definido con los detalles de los animales que lo ejecutaron. Puede usarse en combinación con los otros métodos de muestreo.

A su vez, en combinación con el tipo de muestreo, el registro de la observación puede realizarse mediante varias metodologías de acuerdo con los objetivos, las condiciones, la especie, el tipo de muestreo utilizado, los análisis que se realizarán, etc.; las reglas de registro son:

- Registro continuo: Se registran los comportamientos todo el tiempo del muestreo. Es útil para el estudio de Eventos (comportamientos de corta duración) y Estados (comportamientos de larga duración); permite la estimación de frecuencias y duraciones.
- Registro por intervalos de tiempo (muestreo por tiempo): La sesión de observación se divi-

de en intervalos cortos de tiempo, es más útil para la estimación de frecuencias.

- Muestreo Instantáneo: El comportamiento se registra en el instante en que cada punto del intervalo ocurre. Es limitado para el estudio de Eventos.
- Muestreo Uno-cero: Se registra el comportamiento que ha ocurrido dentro de los puntos de intervalo de tiempo.

En vida silvestre se encuentran limitaciones en muchas especies para el estudio del comportamiento por la dificultad en observarlas y por el sesgo que produce la presencia del ser humano. Afortunadamente, en la actualidad se cuenta con una cantidad de recursos tecnológicos que indudablemente facilitan y optimizan el registro del comportamiento mediante diversos medios que permiten la utilización en especies pequeñas y grandes en medios acuáticos y terrestres; que incluyen una amplia oferta de cámaras de video y fotografía robustas y con diversos mecanismos inclusive para condiciones nocturnas, telemetría de movimiento, actividad y parámetros fisiológicos; sistemas de posicionamiento geográfico, etc.

Objetivo: Evaluación de la actividad

Los diagramas de actividad diaria son fáciles de realizar y aportan información general sobre el comportamiento de un animal y/o grupo. Son ampliamente utilizados en cautiverio para medir el efecto del enriquecimiento ambiental debido a que son útiles para entender como el hábitat influye en la forma como los animales utilizan el espacio y ocupan su tiempo. Si estos se hacen en varios momentos, permiten identificar y analizar variaciones temporales y espaciales de las actividades mediante pruebas estadísticas de diferencia (por ejemplo, y dependiendo la población y la muestra; paramétricas como: Chi cuadrado, prueba T de Student y ANOVA; y no paramétricas como:

Registro por intervalos de tiempo

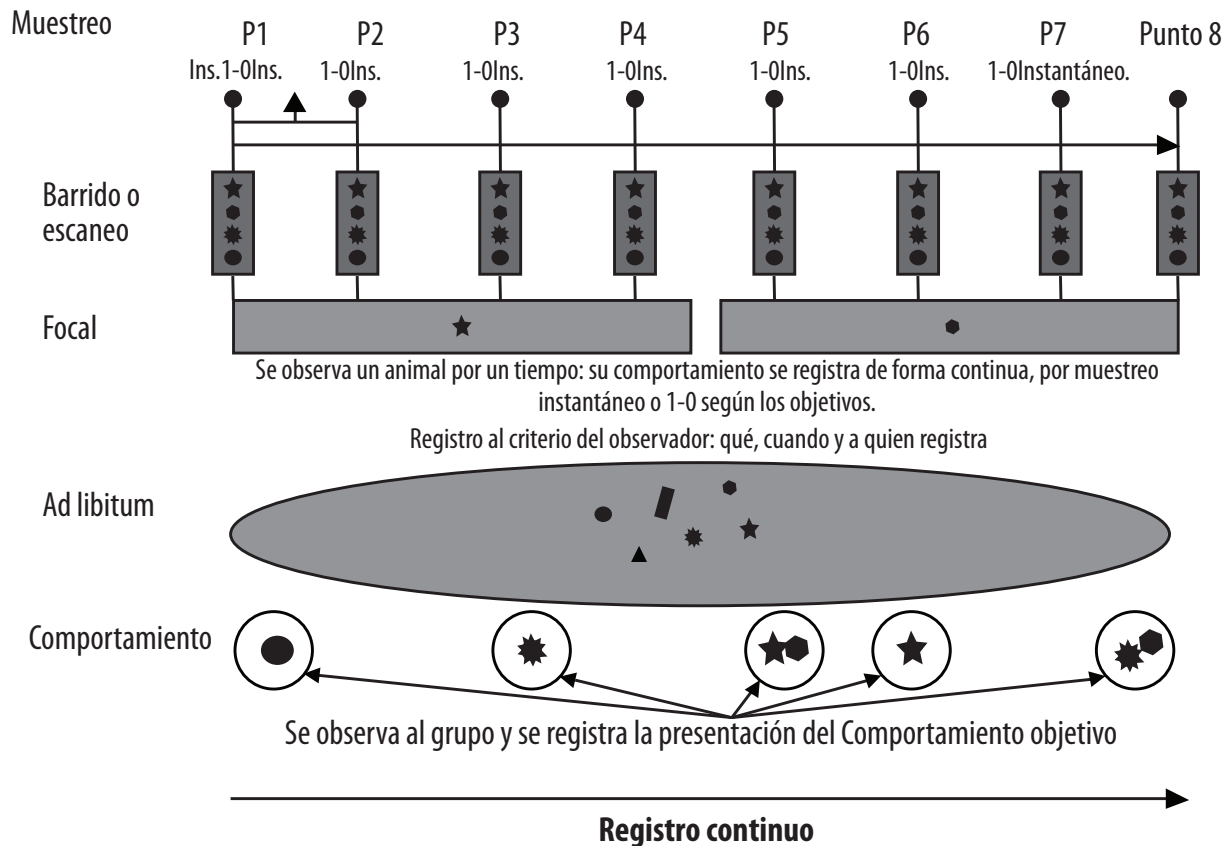


Figura 48. Utilización de las reglas para el muestreo y registro de la observación del comportamiento. Nota: Las figuras representan animales.

prueba U de Mann-Whitney, Wilcoxon, Kruskal-Wallis, Friedman) y relacionarlas con fenómenos meteorológicos (por ejemplo, época seca y lluvias) y eventos antrópicos y naturales que influyan sobre el hábitat.

La medición de frecuencias permite identificar trastornos cuantitativos del comportamiento y los resultados se pueden entender al compararlos con otros estudios. La limitación es que se requiere poder observar los animales por periodos de tiempo considerables, lo que se dificulta en muchas especies en vida silvestre, inclusive con la ayuda de la tecnología actual.

Los resultados de las observaciones realizadas por el Centro Araguato en vida silvestre en la Guajira (Colombia) en monos aulladores (*Alouatta seniculus*), se presentan como un ejemplo de la utilidad de esta metodología para el estudio de la salud de la fauna -inclusive en estudios rápidos-; para una especie que se adapta bien a fragmentos pequeños por su capacidad de consumir dietas altamente folívoras (Bicca-Marques, 2003). Los animales se localizaban en dos parches de bosque que estaban bajo alta influencia antrópica por maquinaria (Figura 49). Se seleccionaron seis monos pertenecientes a los tres



Figura 49. Parche de bosque donde se localizaba el grupo de monos aulladores observado.

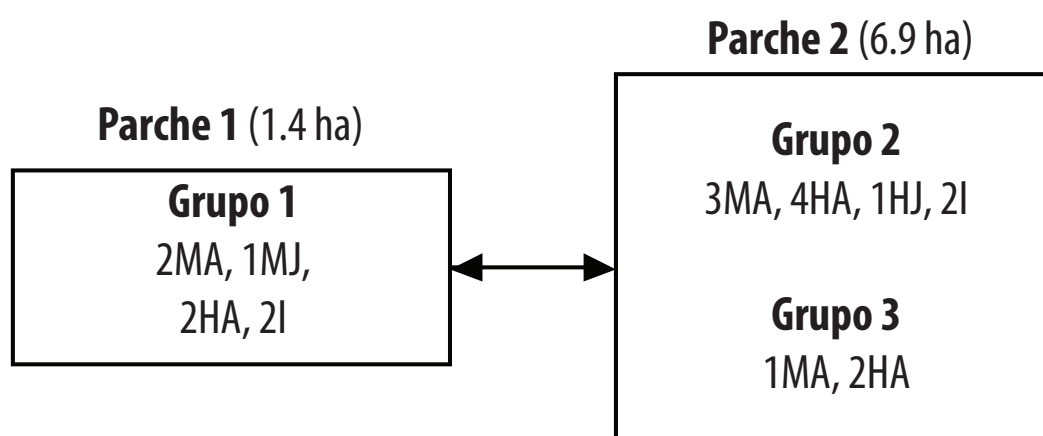


Figura 50. Composición de la población de monos aulladores en dos parches de bosque en la Guajira, Colombia. El grupo 1 se movilizó en ambos parches.

grupos ubicados en los dos parches (Figura 50), y fueron observados durante 8 días (29 enero–5 febrero 2002), de 7 am – 5 pm. El comportamiento se registró por barrido (paneo) mediante el registro instantáneo en intervalos de tiempo de diez minutos, de acuerdo con cuatro categorías previamente establecidas: forrajeo y alimentación, descanso, desplazamiento y sociales.

Para entender el comportamiento en los parches de los monos, se realizó un histograma comparando el promedio de los resultados de los animales estudiados con los de otros trabajos en la especie; para lo cual se tomó el histograma realizado previamente por Martínez-Gómez *et al.* (2010) que compilaba el resultado de varios autores (Figura 51). De éste se pudo concluir que el tiempo invertido en reposo y desplazamiento en promedio en los parches fue comparable con los diagramas que se reportan por otros autores para la especie en los Andes y la Amazonia. Aunque si era llamativo que en este trabajo se observara

el tiempo más bajo dedicado a alimentación y el más alto en comportamientos sociales, en comparación con los otros trabajos. Desde este punto de vista entonces, no se sugeriría en un principio signos de malestar en los aulladores a las condiciones de los parches. Tampoco se observaron comportamientos anormales que pudieran ser atribuidos al empobrecimiento del hábitat o a la intensa actividad antrópica que ocurría alrededor de los parches.

Para el análisis del comportamiento individual, se hizo otro histograma (Figura 52). En este se puede ver dos diferencias importantes dentro de los animales de estudio: 1/. Los dos animales del Grupo 1, un macho adulto y un macho juvenil, gastaron 90% de su tiempo en reposo, lo que es alto en comparación con los resultados de los monos de los grupos 2 y 3 (71%) y con los otros estudios reportados en el histograma anterior y, 2/. En estos dos monos, no se observaron comportamientos sociales en contraste con los otros.

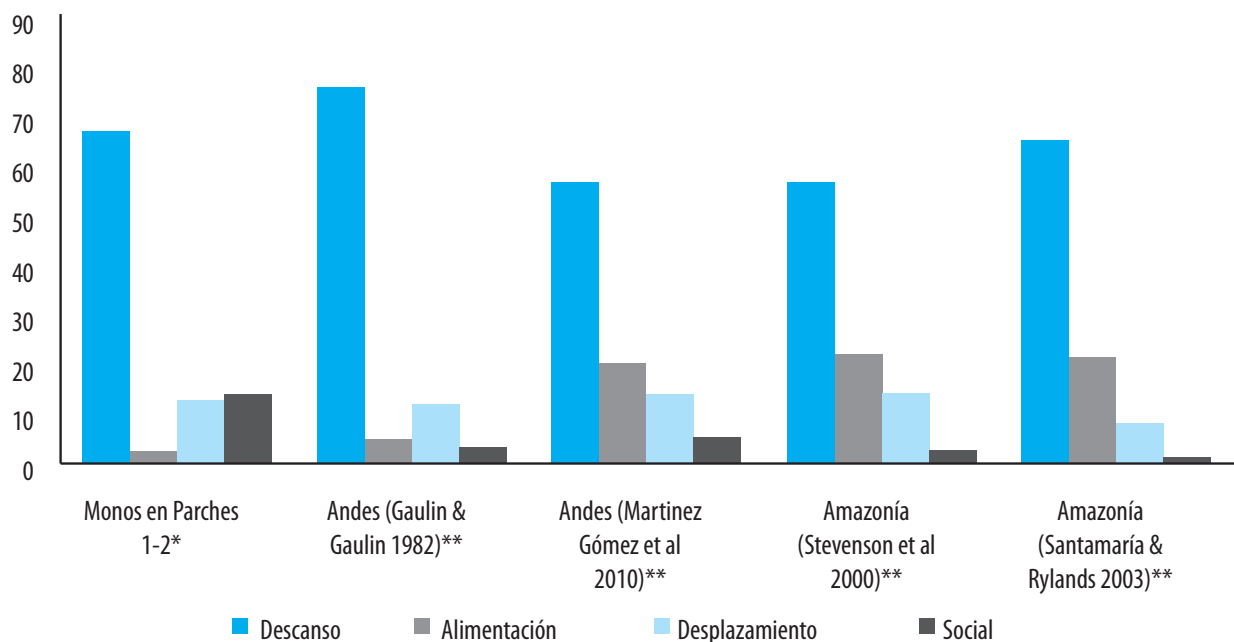


Figura 51. Diagrama de actividades de monos aulladores localizados en dos parches de bosque en el Caribe colombiano en comparación con otros diagramas reportados para la especie en los Andes y la Amazonía.

Fuente: * Centro Araguatos (sin publicar); ** Martínez-Gómez et al. (2010).

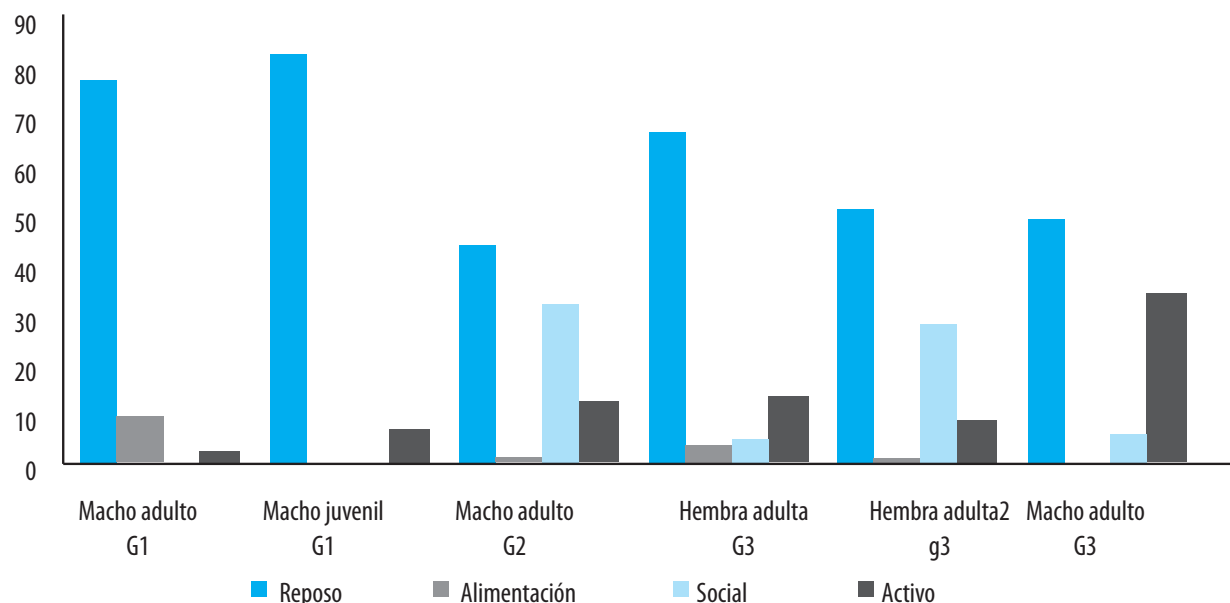


Figura 52. Diagrama de actividades de monos aulladores localizados en dos parches de bosque en el Caribe colombiano. Fuente: Centro Araguatos (sin publicar).

Es decir, el grupo 1 que se localizaba en el Parche 1, estaría siendo afectado por las condiciones del hábitat de éste.

Adicionalmente, en la Figura 53 se muestra como los datos del comportamiento se pueden asociar con otras variables para una mayor comprensión de la situación. Como en este caso se sugería que el alto tiempo invertido en reposo por los animales del Grupo 1 podría relacionarse con estrés, entonces se hizo una correlación de Reposo con el conteo diferencial de linfocitos y neutrófilos y su relación (N/L).

Los resultados indicarían una correlación moderada y una relación substancial en los conteos diferenciales de las células blancas y la frecuencia de observación del comportamiento de reposo.

Objetivo: Evaluación del uso de espacio

El espacio y el comportamiento animal han sido ampliamente relacionados en la literatura desde que Hediger (1950; 1955) vinculó la conducta al sistema espacial y temporal y al concepto de dis-

tancia individual. El uso del espacio por los animales depende de factores bióticos y abióticos, muchos de los cuales responden a fenómenos meteorológicos y fenológicos, por lo que su evaluación en la salud de la fauna debe ser entendida y analizada con cuidado, sobre todo en estudios que se realizan en periodos cortos.

Desde este punto de vista, interesa la identificación y entendimiento de cambios en el uso del espacio por un animal o grupo como resultado de intervenciones antrópicas o de eventos naturales, que pueden transtornar, no sólo, actividades como forrajeo y alimentación, acceso a refugios, reproducción, etc; sino también las relaciones intra e interespecíficas, incluyendo la tasa de contacto de los animales con los parásitos. También, para los propósitos de algunos trabajos puede ser útil comprender el papel que juega dentro de los grupos, la jerarquía social en el uso del espacio; por ejemplo al poder tener los animales dominantes más fácil acceso a las fuentes de alimento y lugares seguros (Salpolsky, 1990).

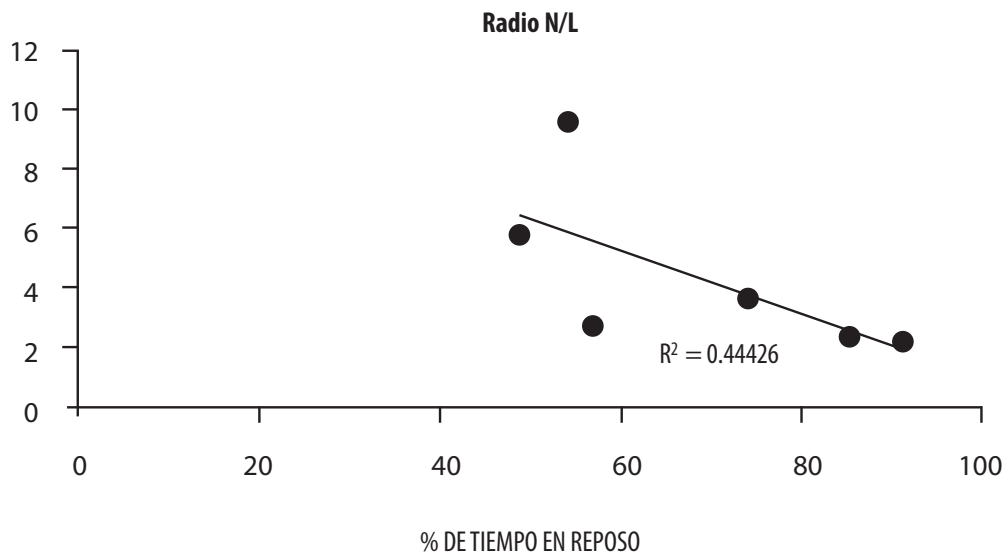
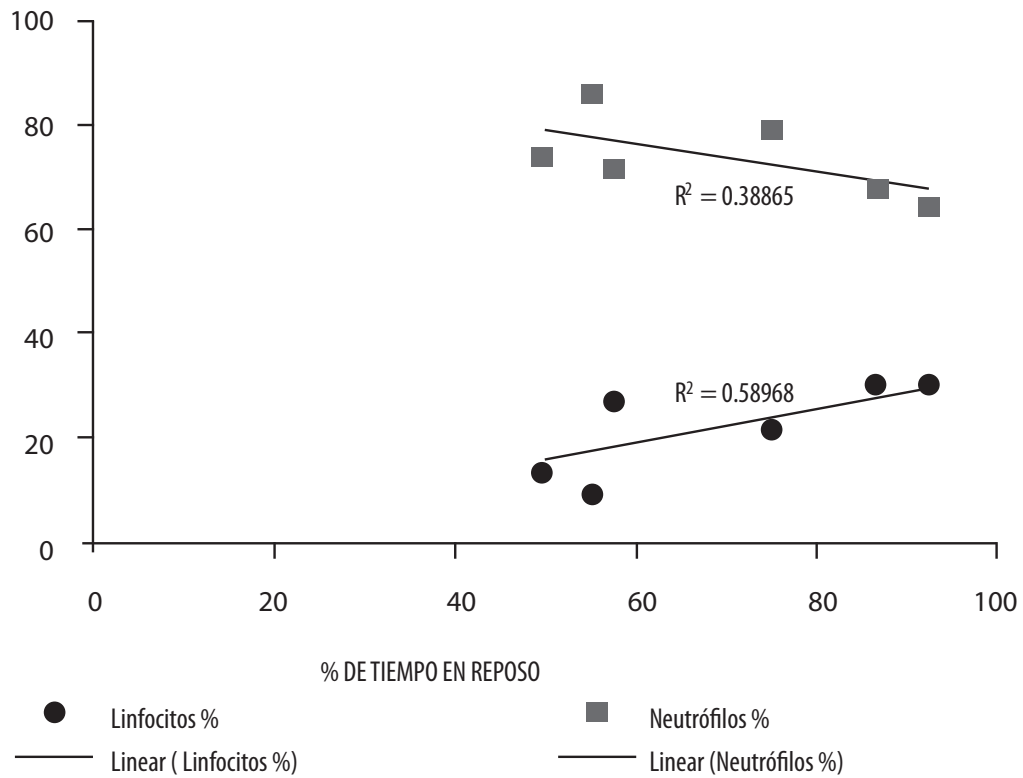


Figura 53. Correlación de Reposo con el conteo diferencial de linfocitos y neutrófilos y su relación (radio N/L) en monos aulladores localizados en parches de bosque.

En ecología las variables que se utilizan en la evaluación del uso del espacio son principalmente el espacio vital o home range (área donde un animal o grupo vive en general) y los movimientos animales; los que se pueden registrar por observación directa o mediante telemetría.

- Espacio vital. Los métodos utilizados por los programas de computador para estimar el espacio vital incluyen polígonos convexos, elipses bivariadas, círculos y kernel. Aunque los nuevos incluyen alternativas múltiples de análisis que reducen el margen de error, tanto metodologías como programas no están exentos de controversia debido a la varianza de los resultados y a la limitación para especificar la distribución verdadera de un animal o grupo (ej. por la subestimación de la presencia de islas o bahías) (Horne & Garton, 2006). Por ejemplo, según Mitchell (2006), las diferencias entre los programas que utilizan inclusive un mismo método (kernel), son importantes. En la Tabla 30 se muestra algunos programas para la estimación del espacio vital.
- Movimientos animales. La estimación del espacio vital tiene un valor limitado cuando ésta no se vincula a los factores que definen los movimientos animales y su comportamiento (Horne, Garton, & Rachlow, 2008; Kernohan, Gitzen, & Millsaugh, 2001), debido a lo cual varios programas modernos vinculan los análisis de espacio vital con los movimientos y la utilización del hábitat (Tabla 30). El movimiento de un animal se define como su continuo camino o trayectoria a través del espacio y el tiempo. Éste se puede cuantificar mediante la observación directa y cuando ésta no es posible, mediante biotelemetría, en la cual el GPS ha tomado mucha fuerza por las posibilidades de monitorear animales en grandes distancias y en periodos prolongados de tiempo (Horne, Garton, Krone, & Lewis, 2007).

- Observación directa del comportamiento. Cuando es posible, la observación del comportamiento es muy útil para entender el uso espacial y temporal del hábitat por el animal y/o grupo y relacionarlo con las actividades diarias y la presentación de eventos y estados. Para integrar la información obtenida del comportamiento, el movimiento y el uso del hábitat, algunas metodologías pueden ser valiosas, sobretodo en espacios reducidos (parches, charcas, etc.) y/o en especies que utilizan pequeños territorios, y también en el monitoreo de animales rehabilitados y liberados en el medio natural.

El uso del terreno puede analizarse a partir del registro instantáneo de la posición de los animales en intervalos de tiempo que se definen de acuerdo con la especie, las condiciones del lugar y la posibilidad de contacto visual con los animales.

Para relacionar los resultados de las observaciones con el espacio, en el mapa o diagrama, el lugar puede dividirse en cuadrículas o unidades acordes con las características del hábitat. También, hallar el Índice de Cobertura del Terreno (Spread of Participation Index -SPI) es útil para entender qué tanto utiliza el animal o grupo todo su territorio. Para ilustrar la importancia de vincular el uso de espacio al comportamiento y salud de los animales silvestres, en el Caso 5-1 se presenta un estudio realizado en cautiverio que relaciona el uso de espacio, el estrés social y la presencia de lesiones en los miembros inferiores de flamencos (*Phoenicopterus ruber*).

Evaluación del comportamiento social

Considerando lo tratado en este capítulo, es fácil deducir que el estudio del comportamiento social puede aportar importante información al entendimiento de la salud de la fauna, pues cuando es necesario, describe como un animal interectúa

con otros de su especie. Esto es útil para entender las relaciones jerárquicas, asociativas y agonistas que definen la forma como un animal utiliza el hábitat; como por ejemplo, su acceso a lugares preferenciales (refugio, comida) y reproducción. Como se mencionó con anterioridad, desde el punto de vista de la salud, la observación del comportamiento social puede contribuir a entender situaciones cuando se sugiera la presentación de estrés. Ambos libros citados, Martin & Bateson (1986) y Lehner (1998), describen de manera clara y práctica la evaluación del comportamiento social en animales.

Las mediciones que más se han adaptado a las necesidades de los trabajos realizados por los autores, son la evaluación de la dominancia y de la asociación entre animales. Como un ejemplo, en la Figura 54 se muestra el diseño de un trabajo en el que la información proveniente del comportamiento social es útil para entender la respuesta de los animales a variaciones de las condiciones ambientales, tanto en cautiverio como en vida silvestre.

- Dominancia. Dominancia se refiere a una propiedad de la organización social en la que se define el estatus social (McFarland, 1987). Los

Tabla 30. Programas para la estimación del espacio vital y movimientos animales.

Programa	Metodologías	Observaciones
Home Range tools for ARC-GIS	-Polígono mínimo convexo (MCP) -Kernel fijo y adaptativo	Centre for Northern Forest Ecosystem Research (http://flash.lakeheadu.ca/~arodgers/hre/). Requiere ArcGIS
Biotas	-Polígono mínimo convexo (MCP) -Kernel fijo y adaptativo. -Elipse de frecuencia -Media armónica -Dirichlet Tessellations -Bufer circular	Ecological Software Solutions LLC. Se puede adquirir (costo varía de acuerdo con el número de licencias) en: (http://ecostats.net/software/biotas/index.htm)
Animal space use	-Modelo fuerza exponencial -Bivariado normal y circular -Kernel fijo y adaptativo. -Versions 1.2 y 1.3 incluye análisis de puentes brownianos.	Horne, Jon S. and Edward O. Garton. 2009. Animal Space Use 1.3 http://www.cnr.uidaho.edu/population_ecology/animal_space_use.htm
Ranges 7	-Medidas inter-localidad -Polígono mínimo convexo (MCP) -Polígono cóncavo -Elipse -Media armónica -Kernel	Se puede adquirir (licencia individual o corporativa) en: http://www.anatrack.com/ranges_home.php
Ranges 8	-Medidas inter-localidad -Polígono mínimo convexo (MCP) -Polígono cóncavo -Elipse -Media armónica -Kernel -Polígono cluster -Polígono LoCoH/OREP -Análisis de solapamiento -Análisis de interacción -Análisis de asociación de hábitat	Se puede adquirir ((licencia individual o corporativa) en: http://www.anatrack.com/ranges_home.php

CASO 5-1: ASOCIACIÓN DEL USO DEL TERRENO CON LA DOMINANCIA SOCIAL, ESTRÉS Y LA SALUD DE UN GRUPO DE FLAMENCOS CAUTIVOS

Victoria Pereira-Bengoia & Fernando Nassar-Montoya. Universidad de la Salle- Parque Jaime Duque (en el momento de la realización del trabajo).

El trabajo se realizó en 1994 un grupo de 37 flamencos mantenidos en cautiverio en el Parque Jaime Duque en Bogotá, los cuales tenían ya establecida una jerarquía de dominancia no lineal. En ese momento, ya que el sitio ha sufrido varias modificaciones posteriores, los flamencos se mantenían en un encierro en forma de trapecio de bases de 58.4 y 27 m. y altura de 47 m. Este tenía dos lagos de un metro de profundidad máxima, de 10 x 42 m y 19 x 26 m respectivamente. El resto de la superficie estaba cubierta de pasto, a excepción del área del refugio de 22 m² que era de cemento y cascarilla de arroz. Se realizaron observaciones preliminares *ad libitum* para definir las categorías de estudio y afinar las metodologías de observación. Posteriormente, durante dos horas dos veces al día (mañana y tarde) durante un mes, se realizó un muestreo por comportamiento de forma continua para registrar los encuentros agonistas (ataque, amenaza y suplantación) que involucraran solamente a dos animales, sus ejecutores, el resultado (ganador-perdedor) y el lugar. Con estos resultados se construyó una matriz de interacción, considerándose que un flamenco era dominante sobre otro cuando ganaba el 50% +1 de los encuentros agonistas observados entre la pareja. Luego se determinó el Índice de Dominancia (Número de animales que dominó/Número de animales con los que interactuó) para jerarquizar al grupo (Piper & Willey 1989).

Adicionalmente, al inicio y final de cada sesión de observación se registraba la posición de todas las aves en un mapa del encierro dividido en cuadrantes de 3 x 3 m. Con los resultados se halló el Índice de Cobertura del Terreno (SPI: Spread of participation index) (Mazariegos 1993): $M(nb-na) + (Fa-Fb) / 2(N-M)$; en donde: N=número total de observaciones del animal, M=frecuencia promedio de las observaciones en todos los cuadrantes (N/número de cuadrantes), na= número de cuadrantes con frecuencias mayores que M, nb= número de cuadrantes con frecuencias menores que M, Fa= total de observaciones en sitios con frecuencias menores que M, Fb= total de observaciones en sitios con frecuencias mayores que M. Valor de 0= máxima utilización del terreno.

Al finalizar el mes de observaciones, se hizo la evaluación clínica de 18 flamencos capturados al azar, y de 13 de estos se tomaron de manera aleatoria muestras para análisis de sangre y química sanguínea. Previó al examen, se describieron las características para codificar de manera ordinal categórica los hallazgos clínicos para: condición general (1=malo: masa muscular poco evidente, quilla pronunciada, plumaje erizado y de apariencia grasosa; 2=regular: Los músculos se palpan y la quilla es apenas evidente, el plumaje se observa ordenado y en buen estado, pero sin brillo; 3=bueno: Apariencia general buena con plumaje brillante y ordenado, masa muscular bien desarrollada, no se evidencia la quilla); estado del plumaje (1=malo: plumaje pálido, grasoso y presencia de líneas de estrés; 2=regular: plumaje pálido pero se observa ordenado y en buen estado, pueden verse líneas de estrés; 3=bien: plumaje rosado; 4=excelente: plumaje rosado intenso, brillante y terso) y la condición de las plantas de los miembros (1= grave: presencia de absceso y/o procesos fibrosos en uno o los dos miembros, con cojera; 2=severo: hay pérdida de continuidad de la piel en uno o ambos miembros que involucran la dermis, presencia de cojera; 3= moderado: cuatro o más escoriaciones superficiales en uno o ambos miembros; con presencia o no de cojera 4=: tres o menos escoriaciones superficiales, sin hay cojera; 5= no se observan lesiones ni signos).

Se observaron relaciones significativas del índice dominancia con la condición física (Pearson: n=18, r= 0.7341, P<0.001), la condición del plumaje ((Pearson: n=18, r= 0.7328, P<0.001) y la condición de las plantas de los miembros (Pearson: n=20, r= 0.7214, P<0.001). Sin embargo, no se encontraron relaciones en el índice de dominancia y el SPI ((Pearson: n=18, r= 0.1597, P= 0.527), a pesar que se registró la competencia por las fuentes de alimento. No se observaron relaciones entre el ID y el SPI con los niveles de los glóbulos blancos o la relación de heterófilos-linfocitos, o los niveles séricos de Calcio, Fósforo, SGOT y glucosa. Los animales con lesiones en los miembros presentaron niveles más elevados de SGOT (Pearson: n=11, r= 0.8130, P= 0.002) y más bajos de Calcio (Pearson: n=11, r= 0.6083, P<0.047).

Por lo tanto, se evidenció la relación del estado de salud de los flamencos con la dominancia social, pero no se pudo comprobar que ésta estuviera mediada por el estrés.

Referencias

- Piper WH, Wiley RH. (1989). Correlates of dominance in wintering white-throated sparrows: age, sex and location. *Animal Behaviour* 37: 298-310.
- Mazariegos M. (1993). Evaluation of environmental enrichment for spectacled bears and notes of the behavioral patterns of spectacled bear cubs at Jersey Wildlife Preservation Trust. *Diplome in endangered species management*. Jersey Wildlife Preservation Trust, UK. P. 19-20.

animales dominantes tienen mayor acceso a los recursos y pueden ejercer control sobre los subordinados. El comportamiento de dominancia-subordinación está ampliamente difundido en el reino animal y retiene características comunes en muchas especies, pero con frecuencia no es fácil observarlo en vida silvestre debido a que las manifestaciones pueden ser difíciles de registrar. De todas formas, éste conlleva cambios fisiológicos en el animal (Rowell, 1974), y como puede deducirse del estudio de los flamencos que se muestra en el Caso 5-1; el Índice de Dominancia puede hallarse (Número de animales que dominó/ Número de animales con los que interactuó) y relacionarse con relativa facilidad con varia-

bles correspondientes al estrés y salud de los animales y grupo. Lógicamente, esto requiere del conocimiento de la especie para la identificación clara de los comportamientos de dominancia y la cualificación e interpretación de las interacciones y despliegues. También, es necesaria la identificación precisa de los sujetos de estudio, pues el índice se estima por animal a través de sus interacciones con cada uno de sus coespecíficos (relaciones entre pares). Es importante tener en cuenta que las relaciones jerárquicas son dinámicas y dependiente de factores ambientales, como por ejemplo la oferta de recursos. Aunque en el ejemplo del caso de los flamencos se definió como dominante al ave que

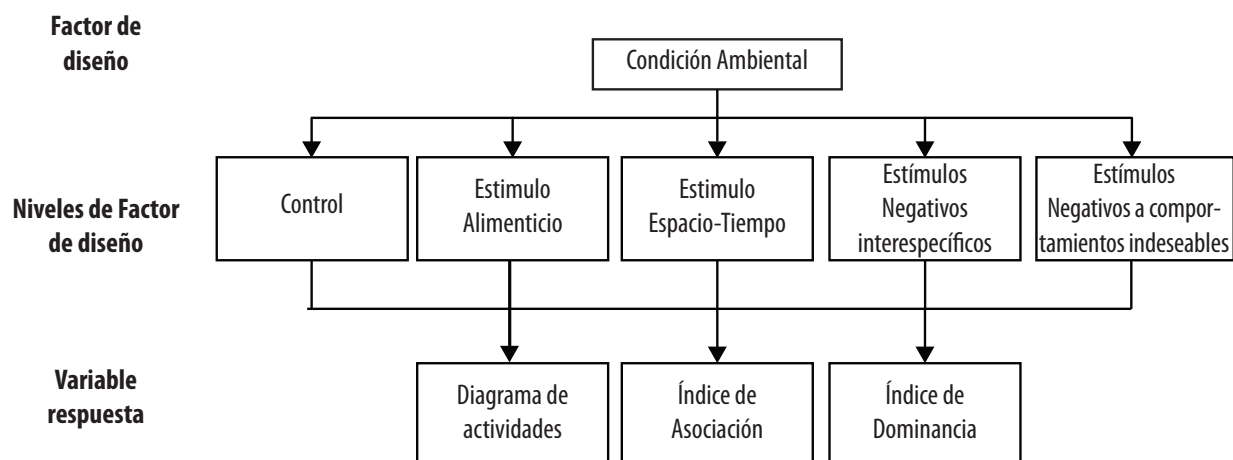
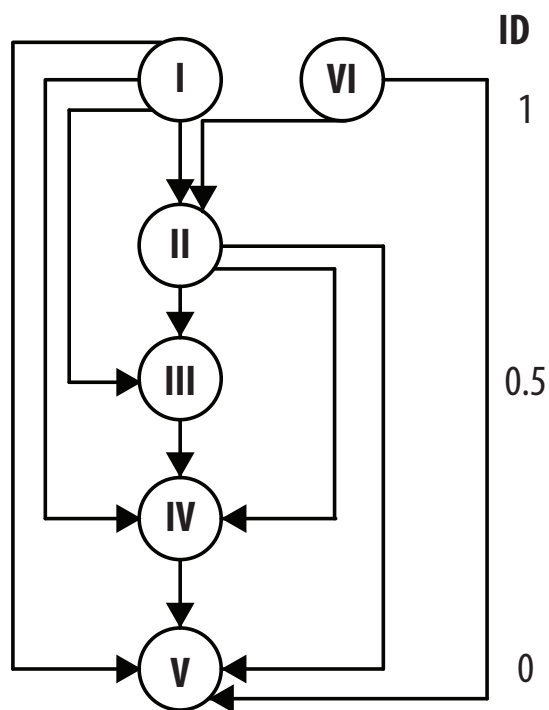


Figura 54. Diseño para la evaluación de la respuesta de un grupo de animales a la manipulación de las condiciones ambientales durante un programa de rehabilitación y liberación. Fuente: Centro Araguatos. (C. Clavijo, 2005).

ganaba el 50% +1 de las interacciones registradas con base en la respuesta observada de sumisión o huida, existen varios métodos o fórmulas para esto (por ejemplo, quien gana el 75% o 90% de los encuentros, sobre todo cuando es posible registrar un alto volumen de interacciones de pares). Otros autores proponen utilizar medidas, como el acceso a una fuente limitada o el uso de evaluaciones arbitrarias con base en la experiencia del

observador con la especie (Lehner, 1998). De todas formas, el criterio debe ser lo suficientemente robusto para poderlo relacionar con otras variables del modelo de estudio utilizado. Para el análisis, los datos de dominancia se pueden organizar en matrices y realizar diagramas de acuerdo con la Figura 55. Cuando las dominancias no lineales, es decir son intransitivas (por ejemplo, A domina sobre B, B domina sobre C, C domina sobre A) puede



No. veces que el animal ganó	No. Veces que el animal perdió						Animales dominó	Animales interactuó	Índice de Dominancia
	I	II	III	IV	V	VI			
I	-	10	12	20	1	0	4	4	1
II	7	-	7	13	8	0	3	5	0,6
III	2	3	-	7	9	0	2	4	0,5
IV	1	0	1	-	1	0	1	4	0,25
V	0	1	2	0	-	0	0	5	0
VI	0	3	0	0	10	-	2	2	1

Figura 55. Ejemplo de organización de las interacciones de dominancia en matrices para la organización e interpretación de los datos y la estimación y diagramación del Índice de Dominancia.

ser recomendable según el objeto de estudio, analizar la linealidad (Martin & Bateson 1986, Lehner 1998).

- Relaciones de asociación. De acuerdo con Martin & Bateson (1986), los índices de asociación son útiles para medir la extensión con la cual dos animales se asocian uno con el otro. Los autores del presente volumen los han usado en cautiverio y vida silvestre, principalmente en programas de rehabilitación, reintroducción y traslocación. Son una buena herramienta para entender las dinámicas sociales y la cohesión de los grupos de animales durante situaciones estresantes y condiciones ambientales cambiantes. También, podrían utilizarse para evaluar el contacto entre animales para analizar agregaciones y dinámicas de patógenos.

De igual forma que en el estudio de dominancia, es necesario tener a los sujetos de estudio plenamente identificados. Los datos se colectan en muestreo por barrido mediante registro instantáneo en intervalos de tiempo, los que se definen de acuerdo con la especie. Se registra si el animal se encuentra solo o acompañado de otro, caso en el cual se anota quien es (la pareja). Hay varias formas para definir cuando el animal está solo o acompañado y éstas dependen lógicamente de la especie y las condiciones del lugar. Por ejemplo, podría anotarse asociación cuando hay contacto físico, si los dos animales se encuentran a corta distancia (por ejemplo, a menos de un cuerpo) y/o cuando hay contacto visual y/o muestran la misma actividad. Por tanto, es recomendable tener claramente identificadas las categorías “asociativas” con anticipación a las observaciones.

El Índice de Asociación puede calcularse de diversas. Una forma práctica y fácil es la siguiente (Martin & Bateson, 1986):

Índice de Asociación: = $N_{ab} / (N_a + N_b + N_{ab})$;
En donde: N_{ab} = Número de ocasiones en que A y B fueron vistos juntos

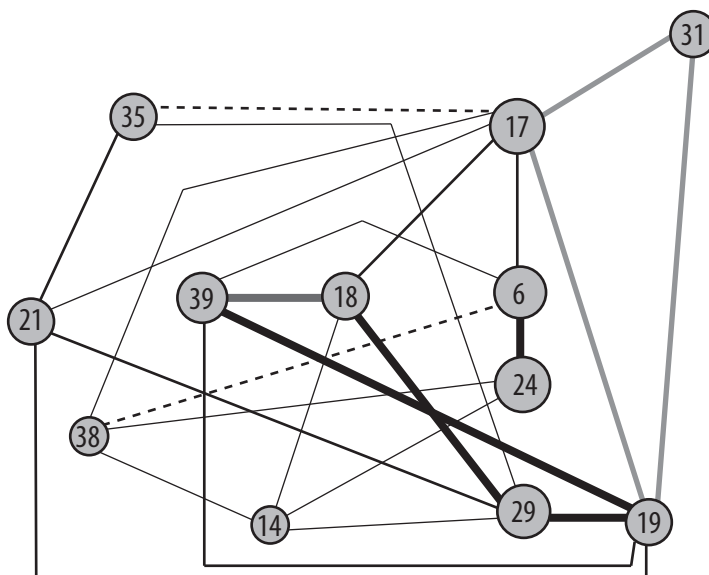
N_a = Número de ocasiones en que A fue visto sin B

N_b = Número de ocasiones en que B fue visto sin A

Los índices por parejas pueden organizarse en matrices y representarse en sociogramas. En la Figura 56 se muestra un ejemplo de organización hecha en un trabajo de rehabilitación de primates realizado por el Centro Araguatos (Clavijo *et al.*, 2006).

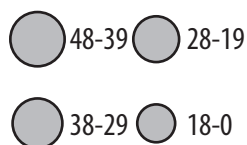
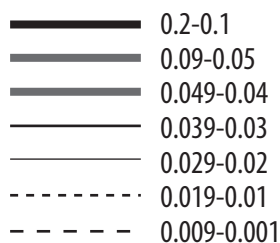
Relaciones con el ser humano en programas de rehabilitación y liberación

En algunas circunstancias, puede ser importante evaluar la adaptación de un grupo o población de fauna a la presencia de seres humanos. El amansamiento de un animal es un problema en los programas de reintroducción y rehabilitación y liberación de animales al medio natural debido una vez liberados estos podrán buscar asentamientos humanos y convertirse en problemas por conflictos, como son los casos de osos andinos liberados en el Ecuador y de primates en Colombia (observaciones personales de los autores) y de felinos en Costa Rica (Weisel, 2000). En el Caso 5-2 se presenta la metodología utilizada en un estudio de rehabilitación de micos maiceiros (*Cebus albifrons*) en Colombia para evaluar el amansamiento de los animales mediante su respuesta al contacto con seres humanos (Pérez-Sánchez *et al.*, 2006).



Rangos Índice de Asociación

Rangos No. Interacciones



	6	14	17	18	19	21	24	29	31	35	38	39
6	X	0.0071	0.023	0.0072	0	0	0.0921	0.0229	0	0.007	0.0069	0.023
14		X	0.0072	0.0198	0.007	0	0.0161	0.0161	0.0067	0.0065	0.0128	0.0072
17			X	0.0217	0.0362	0.0145	0.0078	0.0157	0.357	0.0071	0.0139	0.0236
18				X	0	0	0.072	0.0072	0	0	0.0065	0.0492
19					X	0.027	0	0.073	0.0328	0	0	0.0221
21						X	0.0072	0.0214	0.0068	0.0261	0.0065	0.0073
24							X	0.0153	0.0143	0.0209	0.0137	0
29								X	0.0143	0.014	0	0.0597
31									X	0	0.0065	0.0073
35										X	0.0064	0.072
38											X	0
39												X

Figura 56. Matriz y sociograma realizado a partir de los índices de asociación registrados durante las observaciones del comportamiento social en un grupo de maiceros en rehabilitación. Adaptado de Carolina Clavijo, Centro Araguatos.

CASO 5-2. DESCRIPCIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL AMANSAMIENTO DE UN GRUPO DE MICOS MAICEROS CARIBLANCOS *Cebus albifrons versicolor* REHABILITADOS Y LIBERADOS (*).

Johanna Pérez-Sánchez, Fernando Nassar-Montoya, Carolina Clavijo, Claudia Carolina Ramírez, Victoria Pereira-Bengoia e Iván Manuel Sánchez. Centro Araguatos.

Se describen las metodologías utilizadas y los resultados obtenidos a partir de cada una, para el estudio de las relaciones interespecíficas, especialmente con los seres humanos, en un grupo de maiceros cariblanco (*Cebus albifrons c.f. versicolor*) compuesto por cuatro hembras adultas, una hembra subadulta, tres hembras juveniles, cuatro machos adultos, dos machos subadultos y tres machos juveniles, durante un proceso de rehabilitación en el CRRFS del DAMA, Bogotá.

Diseño la observación del comportamiento

Para poder medir el comportamiento de los animales con los observadores (sujeto humano), se definieron las siguientes categorías:

- Asociativos: Contacto físico, cuando el animal está en la malla e intenta el contacto con el observador (CFA), y contacto visual, cuando mira al observador desde cualquier punto del encierro y no intenta cogerlo (CV).
- Agonísticos: Vocalización con exposición de dientes en dirección del observador (VD), escarba y sacude objetos en dirección del observador, sacude con fuerza la malla donde se encuentra el observador (S), despliegue en el que transporta y golpea con objetos otros objetos o la malla (TG).
- Agresivos: intenta contacto físico con el observador a través de la malla con amenaza (CFG), golpea la malla en dirección del observador (G), despliegue de movimientos rápidos que incluyen salto, rebote en la malla, mostrar dientes al observador (SRD).

El cronograma de las observaciones del comportamiento del grupo de maiceros correspondió al de la rehabilitación. El registro fue hecho a la segunda semana de introducido el nuevo estímulo, y se hizo de lunes a sábado, en tres sesiones de 8:00-9:20h, 10:50-12:10h y 13:40-15:00h. Los animales se observaron desde dos lugares (1-2), que se seleccionaron en cada sesión en forma aleatoria, para lo cual se colocó una en cada uno de ellos lona que permitía cubrir a los observadores del contacto visual de los animales. Cada sesión de 1:20h fue dividida en dos partes de 40 min: observador visible (sin barrera de lona) y observador no-visible (detrás de la barrera de lona). Se utilizaron las siguientes metodologías de registro:

- Muestreo por barrido (*scan sampling*; Martin & Bateson, 1986): Se realizó mediante muestreo instantáneo, para lo cual se dividió el tiempo de observación en intervalos de 12 min., de los cuales se definió un máximo de 2 min. para completar la observación de todos los individuos (Paterson, 1992). Se registró el lugar de localización de cada uno de los animales dentro de la jaula para lo cual el encierro había sido dividido imaginariamente en ocho cuadrantes horizontales, y la asociación/no asociación y agresividad/no agresividad de los maiceros con el observador.
- Muestreo por comportamiento: Entre los intervalos de tiempo de la observación por barrido, se registró cada ocurrencia de un comportamiento en particular (comportamiento interespecífico) y el individuo que lo presentaba (Martin & Bateson, 1986).

Procesamiento y análisis de los datos

Se realizó una prueba de ANOVA de dos vías tipo III para comparar la frecuencia y duración de cada una de las categorías comportamentales con respecto a las variables estímulo, animal y visibilidad. Para analizar las asociaciones y agresiones del grupo y de cada individuo hacia el observador, se utilizaron los datos recolectados con la metodología de barrido, a estos se les aplicaron:

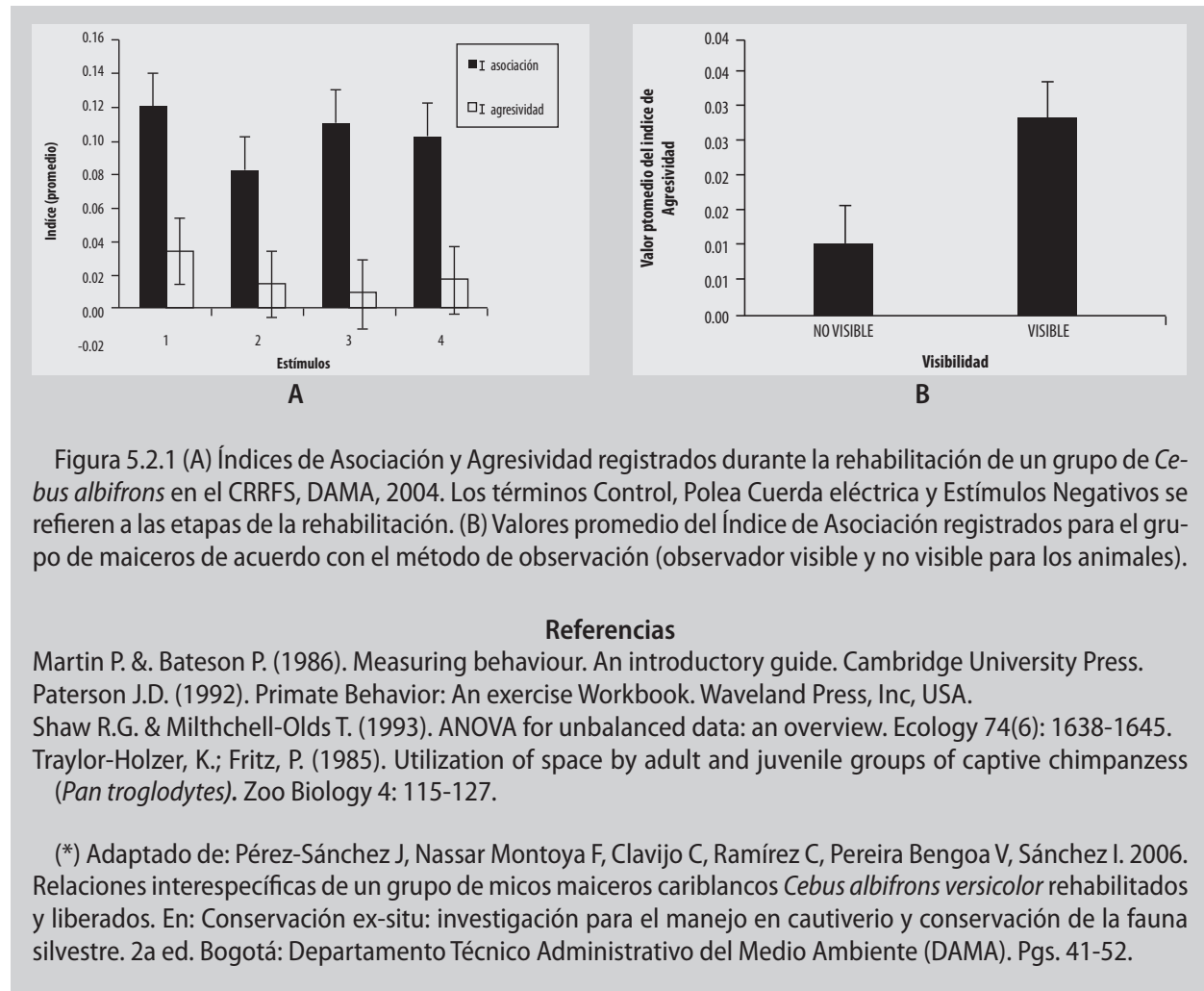
- Índice de Asociación hacia el Observador ($IA = N_{ab} / [N_a + N_b + N_{ab}]$), en donde: a = animal, b= observador, $N_b = 0$)
- Índice de Agresividad hacia el Observador ($IA_g = Na_g b / [Na_g + Na_g b]$), en donde: $Na_g b$ = número de veces en las cuales se observa al animal ag ser agresivo hacia el observador, Na_g = número de veces en que ag es visto sin ser agresivo hacia el observador).

Una vez obtenidos estos índices, los datos se organizaron por sesión de observación (estímulo: semanas de manipulación ambiental), animal, lugar de observación (1 – 2) y tipo de visibilidad (observador visible y no visible). La normalidad de estos datos se revisó con la prueba Kolmogorov-Smirnov y hallando los valores de Kurtosis y Skewness. Cuando no eran normales, los datos se transformaron con Log-10 para aplicar la prueba ANOVA de dos vías Tipo III, siguiendo las recomendaciones de Shaw & Mitchell-Olds (1993) para el análisis de datos no balanceados. Con el objetivo de evaluar si el uso de espacio estaba influenciado por la presencia del observador o ser humano, se aplicaron los índices de cobertura de terreno (*SPI: Spread of Participation Index*, Traylor-Holzer & Fritz, 1885) de acuerdo con el uso de los ocho cuadrantes horizontales. Estos se analizaron separadamente y se organizaron para su análisis por sesión (estímulo: semana de manipulación ambiental), animal, lugar de observación (1-2) y tipo de visibilidad (observador visible y no visible).

Descripción de los resultados que pueden obtenerse acorde con los métodos de observación

A través de los estímulos utilizados en la rehabilitación, se observó que el grupo variaba el tiempo que le dedicaba a los comportamientos dirigidos hacia el ser humano, respuesta que estuvo afectada por la visibilidad del observador. A la prueba de ANOVA se observaron cambios significativos debidos a los estímulos realizados en la rehabilitación en CFG ($F= 5.735$, $P= 0.003$), CV ($F= 3.221$, $P= 0.032$), G ($F= 7.636$, $P< 0.001$), S ($F= 3.108$, $P< 0.039$) y VD ($F= 3.753$, $P< 0.019$), y por la visibilidad en CFA ($F= 8.583$, $P= 0.004$), CV ($F= 33.583$, $P< 0.001$), D ($F= 4.785$, $P= 0.031$), ES ($F= 5.721$, $P= 0.018$) y SRD ($F= 6.122$, $P< 0.015$). Es decir, la introducción de diversos estímulos durante la rehabilitación si pareció afectar la interacción de los animales con el ser humano (sujeto observador), pero el efecto dependió de si el observador estaba visible o no.

Como se puede ver en la Figura 5.2.1A, la tendencia que los maiceros tuvieron a asociarse con el ser humano fue baja, no varió a través del estudio, ni se estuvo afectada por la visibilidad del observador. El Índice de Agresividad hacia el ser humano tampoco fue afectado por los estímulos ambientales, pero como muestra la Figura 5.2.1B, si lo por la visibilidad del observador (ANOVA, $F= 6.155$, $P= 0.016$). La tendencia a buscar al ser humano sin embargo, se demostró por el uso de espacio por parte de los miembros del grupo, quienes utilizaron más los espacios cercanos a al observador, el cuadrante A al Acceso 1 (Spearman: $N= 216$, $r= 0.445$, $P< 0.01$) y el G al Acceso 2 (Spearman: $N= 216$, $r= 0.369$, $P< 0.01$). El ICT sin embargo, no se afectó por el lugar de observación (1 - 2), la visibilidad del observador o los estímulos de la rehabilitación. Los resultados muestran que *Cebus albifrons* mantenido en cautiverio puede desarrollar pautas de comportamiento social con el ser humano, comparables a las que desarrolla con su propia especie. Estas a su vez, podrían alterar la forma como los animales se relacionen entre ellos. La formación de vínculos con el ser humano y la naturaleza de su relación pueden sin embargo modificarse durante la rehabilitación, para lo cual el contacto animal-rehabilitador parece ser muy importante. El hecho que se encontraran diferencias significativas dentro de los animales en su forma de relacionarse con el ser humano (ANOVA: $N= 16$, $F= 8.369$, $P < 0.01$), demuestra también una individualidad animal en este aspecto, que debe ser necesariamente considerada en los procesos de rehabilitación y liberación.



Objetivo: Evaluación del comportamiento alimenticio y dieta

En el Capítulo 3 se trató el estudio de la oferta de alimento y la aproximación a la medición de la dieta en la fauna, metodologías que son útiles para entender las relaciones del animal con el ecosistema. Por lo general, los métodos utilizados incluyen la observación del comportamiento de los animales mediante muestreo por barrido y el registro instantáneo en intervalos de tiempo para realizar diagramas de actividades diarias como se describió anteriormente, en los cuales se puede identificar la proporción de tiempo dedicada a las actividades de alimentación. Cuando se requiere de un nivel de detalle mayor, es recomendable

realizar muestreos por comportamiento, para registrar los tiempos de duración de las sesiones de alimentación, los alimentos y las porciones consumidas. El comportamiento alimenticio puede describirse en categorías, a partir de:

- Estructura. Descripción de la forma en que se presenta el comportamiento, como las posturas mostradas durante el forrajeo, obtención de alimento y consumo, los movimientos realizados en el forrajeo y/o cacería, etc.
- Consecuencias. Cual fue el resultado del comportamiento, como por ejemplo, si obtuvo alimento, si se produjo o evitó que otros lo obtuvieran, etc.

- Relación con características del ambiente. en donde se realiza el comportamiento, en que estrato/nivel/época/condición meteorológica, a quién predó, que porción consumió, que utilizó para incrementar el éxito de la predación (por ejemplo para ocultarse), localización de los otros animales, etc.

Al observar los movimientos animales y el comportamiento alimenticio se puede identificar variaciones o alteraciones temporales o permanentes en el uso de alimentos que pueden derivarse de factores primarios: la fuente de alimento es modificada (calidad), destruida o agotada (cantidad); y secundarios: la fuente de alimento se conserva pero hay restricción a su acceso por la alteración o modificación de las rutas y/o de las condiciones para la captura. La primera afecta a todos los animales que utilizan la fuente, mientras la segunda sólo a aquellos sensibles a la alteración en el acceso (Figura 57). Las alteraciones no pro-

vienen únicamente de orígenes antrópicos, como el caso del ejemplo de esta figura, sino también responden a factores naturales, en adición a los eventos temporales que ocurren como parte de los ciclos fenológicos y climáticos (por ejemplo, las variaciones anuales en los niveles de las aguas).

Por tanto, en concordancia con Stevenson (Caso 3-2) es recomendable entender los alcances de los trabajos, sobre todo cuando estos se realizan en corto plazo, ya que fácilmente podría llegarse a conclusiones erróneas. Para ilustrar este punto, en la Figura 57 el óvalo más oscuro (A) representa al área vital registrada para un animal o grupo durante un periodo tiempo (el observado); a partir de la cual podría decirse que la carretera tendría poco efecto sobre su comportamiento alimenticio. Sin embargo, durante otra época del año, el animal o grupo podría intensificar el uso de otros recursos en otra parte de su territorio (B); zona que si estaría afectada y por tanto, también el comportamiento alimenticio.

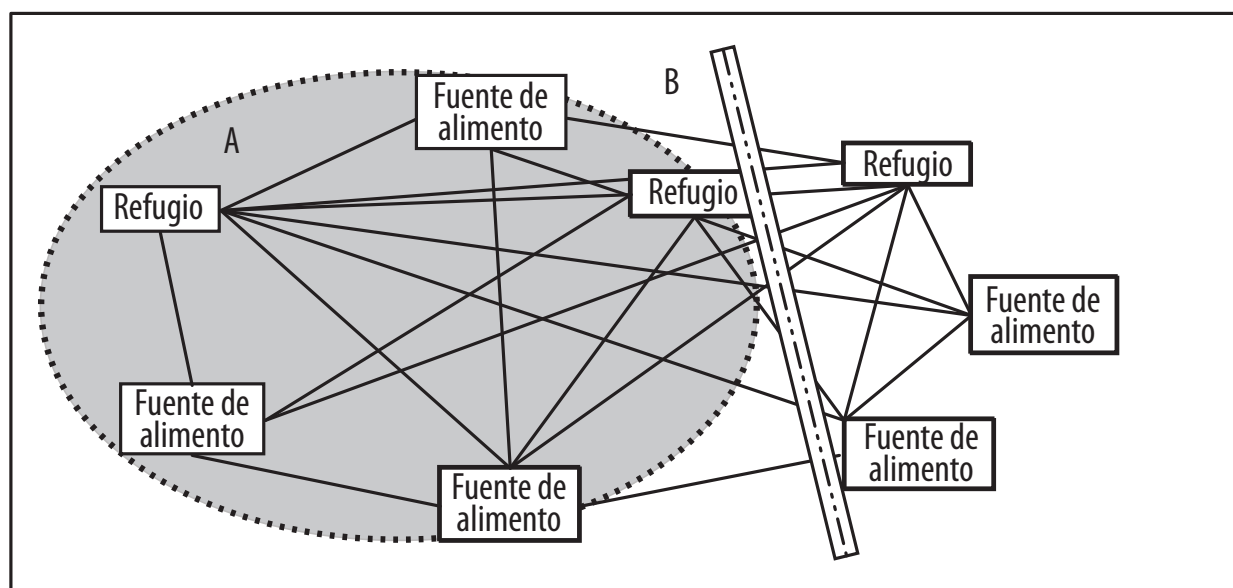


Figura 57. Ejemplo de la alteración de la alimentación de la fauna por la modificación de la fuente misma y/o la restricción de las rutas utilizadas por una o varias especies a la fuente alimenticia, en este caso, a partir de la construcción de una carretera.

CAPTURA DE ANIMALES

La literatura es amplia en métodos de captura de fauna silvestre, por lo tanto se recomienda consultarla al lector que esté interesado en metodologías detalladas. Desde el punto de vista ético los autores han tenido algunas premisas cuando capturan animales:

- Bienestar del animal:
 - Intervenir en el área lo menos posible en intensidad (número de personas y labores de campo) y tiempo.
 - Tener un modelo de trabajo que permita utilizar el mínimo número de animales posible para el logro de los objetivos.
 - Utilizar el método menos invasivo posible para el logro de los objetivos.
 - Cuando sea necesario realizar la captura, minimizar el tiempo de manipulación y liberación.
 - No intervenir animales que muestren riesgo de desarrollar miopatía de captura.
- Seguridad: Los métodos deben optimizar las condiciones para maximizar la seguridad del personal, la seguridad de los residentes de la zona y la seguridad del animal.
- Criterios de colecta de especímenes: Sujeta a las normas éticas (Reducción, Refinamiento y Reemplazo), bioseguridad, permisos de colecta y métodos técnicos humanitarios.

Se recomienda que con anterioridad a la captura se disponga del equipo necesario para la restricción, manipulación, medición, pesaje, marcaje, examen clínico, toma de muestras, manejo de urgencias, contenedores para el alojamiento de los animales mientras están capturados y cualquier otro equipo que se requiera para el cumplimiento de los objetivos de trabajo. También, instruir al personal del equipo sobre las funciones que cada uno llevará a cabo y las indicaciones en

caso de urgencia previene accidentes y pérdida de tiempo.

A continuación se describen aquellas utilizadas en el Centro Araguatos en diversas condiciones en ecosistemas terrestres neotropicales (por ejemplo, bosque seco y húmedo, topografía plana y montañosa, bosque arboreado y sabana).

Reptiles

Los anfibios y reptiles se capturan mejor durante la noche mediante búsqueda activa y uso de las manos, varas y redes, sobre todo en los lugares asociados con cuerpos de agua. Se recomienda que con anterioridad se identifiquen los centros de atención médica cercanos y se averigüe la disponibilidad de sueros antiofídicos. Para la captura de anfibios y reptiles se pueden usar otras metodologías como las siguientes:

- Trampas de barrera. Película de polietileno de 0,5-0,8 m de alto por 5 -10 m de largo, dependiendo de las condiciones. En la mitad y extremos se entierran frascos profundos de boca ancha (a manera de PitFall). Los animales se colocan individualmente en bolsas de tela que se mantienen húmedas o bolsas de plástico con agua (anuros) desde la captura hasta la liberación, que se realiza en el mismo lugar. Se hace un examen completo y se registran las medidas (rostro – cloaca, y cola cuando aplica), especie (o morfoespecie en caso de conocerla), diseño corporal (formas y colores en vivo), sexo (o clase de edad), actividad, hora de captura, estrato y sustrato donde fue encontrado.
- Tubos y recipientes. Tubos de PVC de diversos calibres y longitudes se colocan en diferentes estratos. En el Centro Araguatos se ha obtenido un éxito de captura muy bajo, además que el transporte del material puede ser engorroso en algunos terrenos y bajo algunas

condiciones. Tiene la ventaja de ser seguro e inocuo para el animal.

Voladores (quirópteros y aves): redes de niebla

Las redes de niebla son el método más ampliamente difundido. En el mercado existe una amplia oferta para la captura de aves y quirópteros, de diversas medidas, características (por ejemplo, número de bolsillos, denier y tamaño ojo) y materiales, y su selección y utilización depende de las especies objetivo y las condiciones del lugar. Por tanto, se recomienda consultar con los proveedores sobre sus indicaciones. Es muy importante tener en cuenta que el uso de las redes requiere destreza (por lo general los proveedores solicitan demostrar experiencia en su manejo e identificar los objetivos de su uso) para disminuir las posibilidades de accidente y lesión de los animales. También, éstas son muy susceptibles a enredarse (lo que puede requerir cortarlas) si no se almacenan y colocan de forma adecuada.

El esfuerzo de captura con redes se calcula por el número de horas de exposición por el número de redes usadas en cada sesión de muestreo. Es más preciso expresarlo como m² de red-hora de muestreo.

Se recuerda que cuando se trabaja con quirópteros es altamente recomendable estar vacunado

contra la rabia, además de averiguar si la zona se considera endémica para la enfermedad. Los murciélagos bien se mantienen en bolsas de tela, pero hay que tener cuidado en lavarlas muy bien debido al alto potencial del Orden de transmisión de zoonosis. De rutina se toma la medida de longitud de antebrazo, cabeza-cuerpo, cola, oreja, pie y tibia, con un calibrador Vernier de 0,01-0,05 mm de precisión. Como muchas especies de murciélagos tienen pesos por debajo de 100 gr. se debe contar con instrumentos de pesaje suficientemente sensibles. Se determina la condición reproductiva (activo/inactivo), edad relativa (adulto, subadulto, juvenil, cría) y sexo (macho/hembra).

Trampas para aves acuáticas

Las redes de niebla pueden ser poco exitosas en algunas condiciones, sobre todo en espejos de agua para la captura de ciertas especies de aves acuáticas como flamencos, pollas de agua, playeras, anseriformes, etc. En esta situación el uso de trampas como la que muestra en la Figura 58 puede ser útil y seguro. Éstas se colocan en lugares poco profundos (aproximadamente 5-10 cm de profundidad) y libre de objetos que puedan generar traumatismo. Es importante estar pendiente de forma permanente para rescatar al ave una vez haya caído para evitar lesiones en los miembros.

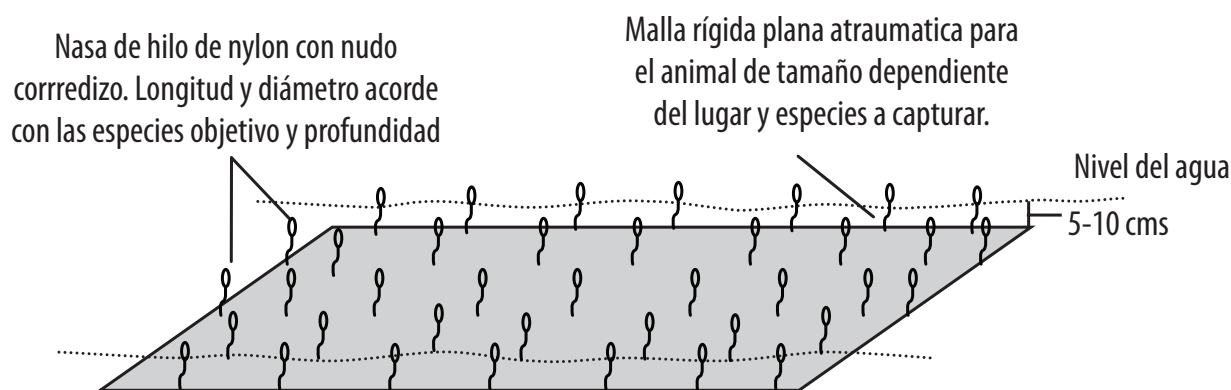


Figura 58. Modelo de trampa para la captura de aves acuáticas

Trampas mamíferos terrestres

En el mercado hay una amplia oferta de trampas para la captura de vertebrados e invertebrados que son bastantes seguras para los animales y el personal (en Internet se encuentran varias casas comerciales que ofrecen productos, asesoría y tienen representación o realizan envíos a Latinoamérica). De todas formas, hay que considerar que puede presentarse limitaciones por costo de envío y el tamaño-peso de algunos equipos. También es importante tener en cuenta que el envío de algunos materiales toma uno o dos meses desde el momento de su pedido y hoy en día, existen restricciones de las aerolíneas para el transporte de carga.

El éxito de la captura de mamíferos con trampas depende de varias condiciones, pero sobre todo de la oferta alimenticia en el lugar. Existen diferentes cebos, cuyo éxito es relativo. No hay fórmula perfecta y en general se requiere de mucho esfuerzo. La captura de pequeños mamíferos se hace con la ayuda de trampas tipo Sherman, hechas de lámina de aluminio. Vienen de varios tamaños y son fáciles de cargar debido a que son plegables. Se pueden cebar con una mezcla de maní, avena y manteca. Este tipo de cebo es ampliamente usado en Latinoamérica y posee enormes ventajas sobre otros tipos de cebos tales como frutas, verduras, etc., no solamente porque atrae a animales de una amplia gama trófica, sino porque su manipulación, transporte y preservación son más favorables en condiciones de campo. Para animales medianos en el Centro Araguatos se han usado trampas tipo Tomahawk®, con carne de res grasosa como cebo. Estas se colocan en distancias entre sí de 20-50 m. dependiendo las condiciones del terreno y cubriendo diferentes unidades de vegetación.

El esfuerzo de captura con trampas se calcula:

Número de trampas-noche = Número de trampas x número de noches que éstas permanecieron activas.

Restricción física

La literatura sobre restricción física de animales silvestres es amplia y por lo tanto no vamos a detenernos en este punto. Los elementos de restricción son variados y su utilidad depende de la especie y condiciones en que se realiza la manipulación. Los más útiles en las condiciones de campo en el neotrópico son:

- Guantes. Son muy fáciles de transportar y dan una buena seguridad en la restricción de muchas especies, pero se requiere experiencia. El tipo y material del guante a utilizar dependen del tamaño, morfotipo y peligrosidad del animal.
- Nasas. En el mercado hay una gran oferta de nasas de diferentes tamaños de boca y longitud de mango. Brindan una excelente alternativa para la captura y restricción de los animales, pero algunos modelos son difíciles de transportar y manipular en condiciones de campo. A los autores les ha sido muy útil transportar solamente aros de diferente tamaño a los que se les puede acoplar mangos hechos de vara en el sitio de trabajo, de acuerdo con las condiciones del lugar.
- Ganchos para el manejo de ofidios. Cuando se requiera trabajar en estas especies.

Dardos y restricción química

Los dardos permiten aplicar medicamentos a larga distancia, incluyendo inmovilizantes. Se usan en especies de mamíferos de mediano y gran tamaño. En el neotrópico son útiles en algunas especies de ungulados, carnívoros, roedores y primates. En el Centro Araguatos se han utilizado en primates como monos aulladores (*Alouatta sp.*) con seguridad.

Se debe considerar que la única ventaja de uso de los dardos es la aplicación remota de medicamentos. Lo demás son desventajas: son traumáticos, producen dolor, se tiene poco control sobre la precisión del lugar de inyección, algunas

veces el dardo cae y es difícil determinar cuanto fármaco se suministró y las condiciones de asepsia con frecuencia son limitadas. También, se requiere de experiencia para evitar accidentes y son costosos. Cuando se trabaja con animales arbóreos hay que estar preparados cuando se aplican dardos con inmovilizantes debido a que los animales pueden caer (se reciben con malla) o quedarse en las ramas; caso en el cual se debe contar con personas hábiles para trepar árboles. En animales que utilicen cuerpos de agua como capibaras y dantas, tenderán a sumergirse cuando se vean acechados debido a lo cual deben contemplarse barreras de contención.

En las condiciones de campo y el trabajo con especies silvestres la práctica no puede compararse con la tradicional en especies domésticas, tal como puede deducirse de la siguiente sentencia del Tribunal Nacional de Ética Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Medicina Veterinaria y de Zootecnia de Colombia, en el que se argumenta la violación al artículo 13 de la Ley 576 de 2000 (Código de Ética para el Ejercicio Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Medicina Veterinaria y de Zootecnia): "... Cuando un animal va a ser sometido a anestésicos que le pueden causar la muerte, se deben reducir los riesgos posibles por lo que, como mínimo se debe evaluar el estado de la función hepática y renal de los animales. La médica veterinaria no realizó exámenes prequirúrgicos que descartaran problemas de función hepática o renal, causándole con esta omisión una violación al deber profesional del artículo..."

Es imposible que en condiciones de campo e inclusive en cautiverio, puedan realizarse los procedimientos aquí descritos. La persona que realiza la inmovilización se enfrenta a respuestas impredecibles a los fármacos, cuando hay alta variabilidad entre especies y la experiencia en algunas es limitada, con frecuencia hay dificultad en determinar previamente el peso y estado del animal, la captura y restricción física pueden difi-

cultarse, el sólo contacto puede ser estresante en animales no acostumbrados a la manipulación. Los accidentes sin embargo, se minimizan por el conocimiento del equipo y el personal: experiencia y seguridad. Se conoce la especie (predecir que va a hacer el animal, entender el efecto que la manipulación puede tener, conocimiento y/ entendimiento de las distancias por la especie), el fármaco (entender las indicaciones y contraindicaciones de los analgésicos y anestésicos) y el lugar (sitios en los que puedan ocurrir accidentes, sitios de difícil acceso, sitios de posibles escapes, presencia de otros animales o especies, rutas de salida en caso de emergencia y presencia y localización de barreras de seguridad).

Los animales inmovilizados químicamente sólo se podrán liberar cuando se hayan recuperado completamente del efecto de los fármacos. Para el monitoreo de los individuos en el campo es útil la evaluación constante de la temperatura corporal, la función cardiovascular: electrocardiografía, la presión sanguínea, la oxigenación; y la frecuencia respiratoria.

La literatura reporta una alta variedad de anestésicos que se utilizan en fauna silvestre, bien sea con fines de inmovilización o de anestesia propiamente dicha. El contexto de uso de estos productos responde a la idiosincrasia de la práctica de la medicina de silvestres en lugares en cautiverio como zoológicos, centros de rehabilitación, zocriaderos, etc. Adicionalmente, es importante que el practicante tenga en cuenta que en muchos países latinoamericanos hay un limitado acceso a productos veterinarios reportados para la inmovilización química en especies silvestres. Quizás por esto y debido a su seguridad en una amplia gama de especies silvestres, los productos más utilizados son Ketamina y Xilacina: mezcla con la que se ha tenido buen resultado, pero en ciertas especies los grandes volúmenes que se necesitan pueden dificultar su administración y el tiempo de latencia puede

generar algunos inconvenientes en el campo. Es importante considerar que la inmovilización química conlleva trastornos en los parámetros fisiológicos, los que pueden ser variables. En la Tabla 31 se presentan algunos de los fármacos más comúnmente utilizados en la inmovilización y anestesia de especies silvestres y se hacen unas anotaciones sobre su práctica en Colombia.

Marcaje

Se recomienda marcar todos los animales que se capturan para poder hacer seguimiento posterior y detectar si hay captura-recaptura. El uso de dispositivos electrónicos tipo chips es altamente recomendado para todas las especies y en general son fáciles de usar, seguros y de bajo costo (Figura 59). En las aves es preferible el uso de anillos en las extremidades inferiores. La selección depende de la especie y el tamaño del animal, para lo cual se recomienda contactar a los proveedores, quienes por lo general brindan asesoría completa. Los

quirópteros se pueden marcar con máquina tatuadora para ganado, en el ala.

Los transmisores de telemetría se colocan a los animales a los que se les quiera hacer rastreo de manera individual o a un individuo del grupo para hacer su seguimiento. Su utilización, tipo, peso y forma de aplicación (collar, implante, chaleco, dispositivo patagial, dispositivo auricular, montaje en la cola, adherido por pegamento, etc.), también depende de las características morfológicas del animal (Figura 59), de los objetivos de estudio (que tipo de monitoreo se quiere realizar) y la condición del lugar (por ejemplo, equipos satelitales pueden tener limitado uso cerca al ecuador y en bosques densos). Algunos transmisores permiten monitorear también la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y la posición del cuerpo (biotelemetría), lo cual evita el efecto que tiene la captura y la manipulación sobre el individuo arrojando datos más precisos y monitoreables durante el tiempo.

Tabla 31. Inmovilizantes utilizados en especies silvestres, con anotaciones para Colombia.

Fármaco	Propiedades	Observaciones para Colombia
Inmovilización intramuscular		
Etorfina (Inmovilon®)	Opiáceo sintético	No hay disponibilidad en el país.
Carfentanil (Wildnil®)	Opiáceo sintético. Se reversa con antagonista de los opiáceos (Naloxona)	No hay disponibilidad en el país.
Medetomidina (Dormitor 0.1%, Zalopine 1%). Dosis varían entre 30-50 µg/kg en mamíferos 100-500 µg/Kg en aves	Agonista α- adrenérgico. Se reversa con antagonista (Atipazole Antesedan), Yohimbina	No hay disponibilidad en el país.
Detomidina (Domosedan®)	Agonista alfa- adrenérgico	Es posible encontrarlo en Colombia.
Xilacina (Rompum®, Anased®,)	Agonista alfa- adrenérgico	Disponible en Colombia.
Ketamina (Ketaset®, Ketalar®)	Disociativo: disociación funcional y electrofisiológica entre los sistemas límbico y talamocortical. Potencia los efectos de GABA sobre el SNC. Tiene efecto sobre los receptores NMDA y los opiáceos	Disponible en Colombia. Medicamento de control especial.
Midazolán (Dormicum®)		Disponible en Colombia.
Intravenoso exclusivamente		
Propofol		Disponible en Colombia.
Inhalado		
Isoflurano	Éter halogenado	Disponible en Colombia. Requiere de equipo. Es útil en reptiles, aves y mamíferos.

Se debe tener en cuenta que existe la posibilidad de que el transmisor cambie el comportamiento del animal al que se sujeta o implanta, ya que puede interferir con el movimiento y su balance, la aerodinámica o la hidrodinámica y el gasto de energía (Karesh, 1999). También se ha descrito como consecuencia la muerte del animal (Quinn *et al.*, 2010).

DIAGNÓSTICO CLÍNICO

Hematología y química sanguínea

Quizás la mayoría de trabajos relacionados con la salud en la fauna silvestre se enfocan, o por lo menos contemplan hematología (hemograma y leucograma) y química sanguínea (incluyendo algunas enzimas que permiten evaluar el funcionamiento hepático y renal).

Existe amplia literatura científica de las metodologías empleadas para la extracción de sangre

en los diferentes Órdenes taxonómicos (Fowler, 2008; Fowler & Cubas, 2001; R. E. Miller & Fowler, 2012), por lo que no se describirá en detalle esta información. Sin embargo, vale la pena mencionar la importancia de extraer la cantidad de la sangre requerida para realizar las pruebas diagnósticas sin afectar el bienestar y la salud de los animales, ya que con frecuencia se subestima el efecto que puede tener el obtener una muestra “que alcance para realizar las pruebas de laboratorio” a costa del detrimento en los animales. Con frecuencia se da por aceptado que el volumen sanguíneo de todas las especies es el 10% de su peso vivo, en lugar de 6 y 8% que puede ser más cercano a la realidad (Courtice, 1943). Es por esto que se considera que la obtención de la sangre no debe sobrepasar entre el 0,6 y el 0,8% del peso vivo.

Afortunadamente para las personas que trabajan en la salud de la fauna, un campo que ha



Figura 59. Mono aullador identificado con collar de telemetría y chip.

tenido gran desarrollo en los últimos años es el de diagnóstico clínico, incluyendo las metodologías para el análisis de las muestras sanguíneas. Sin embargo, el diagnóstico clínico sigue atravesando por algunos procedimientos que limitan su exactitud y pueden desvirtuar los hallazgos, y se deben generalmente a los procesos de toma de muestras y transporte al laboratorio. Victor Contrino (MV Universidad Nacional de Colombia) argumentaba en una conferencia en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad San Martín en 2007, que desafortunadamente con frecuencia las condiciones en que llegaban las muestras a laboratorios hacía que su proceso de diagnóstico fuese inviable por diversas razones, como el mal transporte de las mismas, la inadecuada selección de los medios de transporte, el uso de proporciones incorrectas de muestra y anticoagulante entre otros. Por esto, se debe considerar la variación que puede presentarse en las muestras tomadas *in situ* y son mantenidas en condiciones ambientales de temperatura y humedad diversas, bajo conservantes o medios de transporte diferentes (Caso 5-3).

Pruebas inmunológicas

Los patógenos necesariamente tienen que ser considerados dentro de los planes de conservación, debido a que las enfermedades infecciosas pueden afectar las densidades de las poblaciones naturales e inclusive como se mencionó anteriormente extinguirlas (Lafferty & Gerber, 2002). En lugares en donde se ha observado la modificación de los ecosistemas naturales y se sugieren efectos negativos consecuencia de la actividad antrópica, se tiene una importante predisposición a las enfermedades, con consecuencias impredecibles y posiblemente de gran magnitud.

Por ejemplo, en el Centro Araguatos se aisló *Salmonella* sp. en anfibios rescatados que se encontraban en condiciones estresantes bajo intensa actividad de maquinaria, que demuestra la circulación de un patógeno (de importancia en salud animal y pública) en un lugar bajo intervención directa. Esto es importante, ya que a pesar que no se había encontrado más evidencias de enfermedad o circulación de patógenos dentro de los ecosistemas naturales del lugar, muestra que el monitoreo de enfermedades debe ser

CASO 5.3: COMPORTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE SANGRE DE MAICEROS CAPUCHINOS ANTE DIFERENTES MÉTODOS DE TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN.

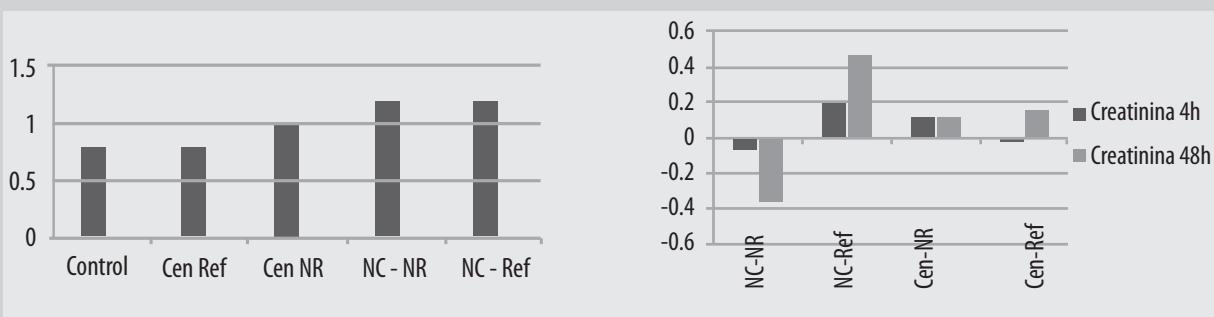
Victoria Pereira-Bengoia, Fernando Nassar-Montoya, Pilar Calvo y Leonardo Arias.
Centro Araguatos, Universidad de la Salle, Bogotá y Zoológico Parque Jaime Duque.

Se realizó un estudio para evaluar el comportamiento de las muestras sanguíneas de primates ante algunos factores relacionados con el transporte y conservación en condiciones de campo en Colombia. En diciembre de 2005 se tomaron 10 ml de sangre de la vena safena de seis maiceros capuchinos (*Cebus capucinus*), -cuatro machos y dos hembras- de la colección del Zoológico Parque Jaime Duque (Cundinamarca, Colombia), los cuales fueron inmovilizados con Ketamina (8 mg/Kg de peso corporal) para realizar este procedimiento. Cada muestra de sangre fue dividida en nueve tubos vacíos para análisis de ALAT, ASAT y Creatinina y en cinco tubos con anticoagulante (EDTA) para cuadro hemático, de acuerdo con el diseño experimental para el procesamiento de las muestras que se presenta en la Tabla 5.2.1. Este respondió a la evaluación de tres variables que son limitantes en la calidad del análisis de hematología y química sanguínea en condiciones de campo remotas: acceso al laboratorio (tiempo entre la toma y el procesamiento). En este caso se evaluó a las 2 horas, a 24 horas y a las 48 horas, posibilidad de centrifugación (si y no) y temperatura de mantenimiento (con refrigeración y sin refrigeración). Las muestras fueron procesadas en el laboratorio clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de la Salle, bajo las técnicas y pruebas de diagnóstico habituales.

Tabla 5.3.1. Diseño experimental para el procesamiento de las muestras de sangre de acuerdo con las variables más limitantes en las condiciones de campo colombianas: tiempo, centrifugación y refrigeración.

Tiempo procesamiento	Centrifugación	Refrigeración
Hematología		
Control (dentro de dos horas de tomada la muestra)	No	
Procesamiento a las 24 horas de tomada la muestra	No	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
	No	Transporte y mantenimiento en refrigeración.
Procesamiento a las 48 horas de tomada la muestra	No	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
	No	Transporte y mantenimiento en refrigeración.
Química sanguínea (ALT, AST, Creatinina)		
Control (dentro de dos horas de tomada la muestra) de tomada la muestra	La centrifugación se realizó a los 40 min. de tomada, una vez se formó el coágulo	
Procesamiento a las 24 horas de tomada la muestra	No se centrifugó	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
		Transporte y mantenimiento en refrigeración.
	La centrifugación se realizó a los 40 m. de tomada la muestra, una vez se formó el coágulo.	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
		Transporte y mantenimiento en refrigeración.
Procesamiento a las 48 horas de tomada la muestra	No se centrifugó	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
		Transporte y mantenimiento en refrigeración.
	La centrifugación se realizó a los 40 min. de tomada la muestra, una vez se formó el coágulo.	Transporte y mantenimiento sin refrigeración (temperatura ambiente no fue controlada y fluctuó entre 66 y 92°F).
		Transporte y mantenimiento en refrigeración.

Entre los resultados podemos decir que el tiempo entre la toma de la muestra y su procesamiento, la centrifugación y el mantenimiento en refrigeración afectaron los resultados de las pruebas de química sanguínea, como se puede observar en la Figura 5.3.1. Sin embargo, el efecto fue variable entre los parámetros medidos (Hemólisis, Creatinina, ALAT, ASAT). La centrifugación después de tomada la muestra pareció tener un efecto positivo sobre los resultados a las 24h. Las muestras analizadas a las 48h variaron altamente, y su comportamiento fue impredecible.



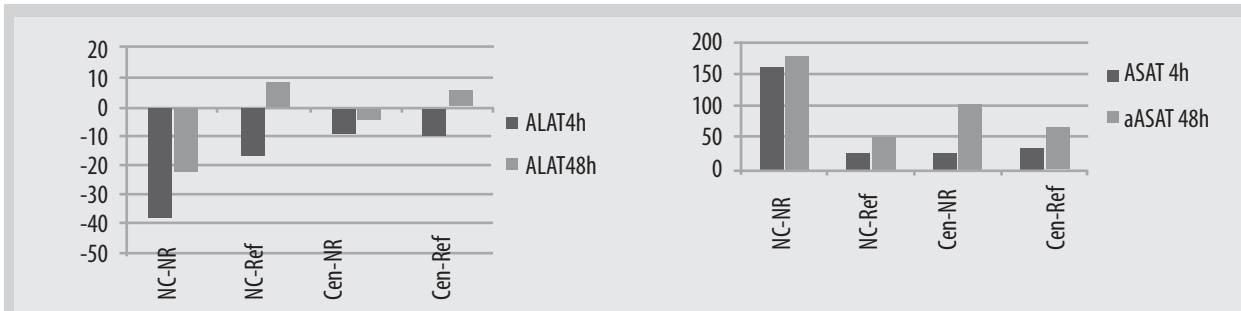


Figura 5.3.1. Efecto de las condiciones de transporte y almacenamiento de la muestra a las 24h y 48h de tomada. Arriba izquierda: Hemólisis a las 24h (Hemólisis: 0= no se observó, 1: leve, 2: moderada, 3: alta; n= 25); Arriba derecha: Niveles de creatinina con relación al control (n=47); Abajo izquierda: Niveles de ALAT con relación al control (n=48, y Abajo derecha: Niveles de ASAT con relación al control (n=50). Convenciones: Cen= centrifugada dentro de las dos horas de tomada; NC= almacenada sin centrifugar por 24h; Ref: refrigerada; NR=no refrigerada).

El hemograma también fue afectado por el tiempo de procesamiento de las muestras como puede observarse en la figura 5.2.2, pero el impacto fue menor.

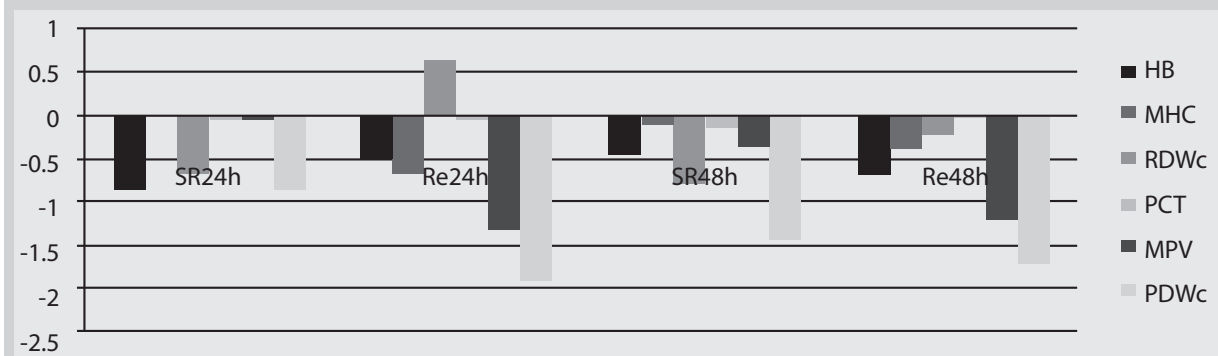


Figura 5.3.2. Efecto de las condiciones de transporte y almacenamiento en el hemograma y el leucograma. Convenciones: HB: Hemoglobina; MHC: Hemoglobina corpuscular media; RDW: Tamaño de los eritrocitos; PCT: Proteína MPV: Volumen Plaquetario Promedio; PDWc: SR24h: Sin refrigerar 24 horas; Re24h: Refrigerada 24 horas; SR48h: Sin Refrigerar 48 horas; Re 48h: refrigerar 48 horas.

A partir de las observaciones del presente estudio se puede concluir que las condiciones inherentes a la toma de muestras en vida silvestre (extracción y obtención en los animales, transporte y mantenimiento) influyen sobre las metodologías y los resultados que el laboratorio clínico proporciona.

Por lo tanto, es requisito indispensable que en los reportes procedentes de estudios bajo estas condiciones, se especifique claramente las condiciones de mantenimiento y el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su análisis, bajo condiciones en las cuales muchas veces es difícil acceder a refrigeración. Una alternativa interesante para estudios remotos es la posibilidad de realizar algunas pruebas mediante analizadores portátiles de química seca que permiten análisis individuales, como lo es por ejemplo el Refotón®, que es utilizado ampliamente en veterinaria.

La otra opción para el mantenimiento de las muestras en cadena de frío, es el almacenamiento y el transporte de las muestras en un termos con Nitrógeno líquido (temperatura de -196 °C), teniendo en cuenta las recomendaciones adecuadas para su manejo especial. Éste es considerado una sustancia peligrosa, por lo cual no todas las aerolíneas aéreas en Colombia y Latinoamérica permiten su transporte.

prioritario para entender las amenazas para la fauna y formular los planes de manejo, conservación, e incluso en caso de ser requeridos, de salud pública.

El Tamizaje inmunológico (selección de algunos individuos para la toma de muestra y su diagnóstico) de individuos capturados de algunas especies seleccionadas como centinelas (especie útil para monitorear cambios en la salud del ecosistema, ver capítulo 4 del presente libro) es útil como indicador de salud. Sin embargo, se debe

considerar que algunos resultados pueden ser poco conclusivos, difíciles de interpretar y correlacionar con las otras variables cuando el objetivo es la evaluación integral de la salud de las especies y sus ecosistemas. Además, los beneficios podrían ser imperceptibles a corto plazo, ya que con frecuencia se requiere del seguimiento temporal (horizontal) antes de poder analizar los resultados

En el caso 5-4 se incluye una discusión sobre la aplicabilidad de las pruebas inmunológicas en fauna silvestre.

Caso 5-4: CONCEPTOS SOBRE PRUEBAS DIAGNÓSTICAS APLICABLES A ESPECIES SILVESTRES

Olga C. Mariño Jannaut. Fundación Universitaria San Martín.

Las enfermedades infecciosas emergentes afectan tanto a humanos, animales domésticos y de producción como a animales silvestres, y ocasionan impacto importante en la salud, el intercambio comercial y la biodiversidad. Se reconoce hoy en día que de estas enfermedades al menos el 75% son zoonosis, evidenciando la importancia de la transmisión ínter especie y la existencia de reservorios salvajes. Considerando los desafíos que el mundo actual enfrenta respecto a los agentes infecciosos emergentes y reemergentes, existe la necesidad de identificar rápidamente tales agentes en los individuos en riesgo, mejorar la vigilancia de salud pública y reforzar las evaluaciones epidemiológicas. Para enfrentar dichos desafíos, se cuenta con una gran variedad de metodologías estratégicas para su utilización en diagnóstico clínico y detección ambiental. En los últimos 20 años, se han desarrollado o adaptado tecnologías a los retos presentados por estos agentes, permitiendo su detección e identificación en pocos minutos u horas y disponiéndose de entidades de referencia mundial y redes de investigadores que facilitan su oportuna identificación. Sin embargo, existe la necesidad de un aumento en la vigilancia e investigación relacionada con el entendimiento de la epidemiología y control de las enfermedades en los animales silvestres y zoonóticas. Aunque se desarrollan estrategias tanto de vigilancia epidemiológica activa como pasiva que han sido efectivas, también existen problemas y limitaciones evidentes. Entre estas, el conocimiento y reporte oportuno de casos, los diseños de estrategias de muestreo que representen adecuadamente la población de interés y en especial la carencia de pruebas diagnósticas validadas. Así como problemas relacionados con la interpretación de datos faltantes o poco confiables y carencia de infraestructura para vigilancia de vida silvestre, sin contar con la complejidad y escala de los sistemas naturales en los que se realizan estos trabajos.

Específicamente es una necesidad contar con nuevas y mejores pruebas de diagnóstico no solamente para el manejo de poblaciones silvestres sino también de interés en salud pública. Generalmente las enfermedades en la fauna se manejan con el aislamiento y la eliminación, dado lo impráctico de su tratamiento o vacunación masiva. Es crítico que las pruebas diagnósticas sean apropiadamente validadas y tengan mecanismos de control de calidad establecidos, consideraciones que son de mayor importancia si se considera la potencialidad de sus severas consecuencias para los individuos o para la introducción de agentes infecciosos a poblaciones en ambientes sensibles. Además la interpretación de los resultados y la subsecuente toma de decisiones deben estar orientadas y basadas en el entendimiento profundo de las limitaciones de las pruebas. Nuevas herramientas diagnósticas que incluyen sistemas de captación remota y de información global (GPS) permiten respaldar metodologías diagnósticas rápidas y seguras aún en condiciones de campo, algunas de las cuales han demostrado su utilidad en estudios de zoonosis emergentes acompañados con estudios de diseño, metodologías de muestreo y métodos diagnósticos para optimizar la vigilancia de poblaciones silvestres.

Es ampliamente conocido que el diagnóstico de las enfermedades infecciosas se realiza mediante la identificación directa y/o indirecta de los agentes infecciosos comprometidos. La forma directa permite detectar el agente o sus componentes tales como ácidos nucleicos, proteínas estructurales o no estructurales, enzimas, entre otros, y la indirecta utiliza metodologías que evidencian la respuesta inmune, comúnmente los anticuerpos inducidos por la infección. Los métodos de detección directa más comunes son el aislamiento o cultivo *in vitro*, la microscopía electrónica, inmunofluorescencia, inmunohistoquímica, detección inmunoenzimática del agente, la hibridación de ácido nucleico, macro y microarreglos y las múltiples metodologías de amplificación de ácido nucleico actualmente conocidas como PCR (reacción en cadena de la polimerasa) o amplificación isotérmica como amplificación basada en secuencia (NASBA o LAMP). Estos últimos son apenas ejemplos de las múltiples metodologías moleculares actualmente en desarrollo y de gran potencialidad para la detección directa de la esencia del agente infeccioso, su genoma. El método se basa en la amplificación en ciclos secuenciales, de pequeños fragmentos del material de ADN del agente mediante la acción de la enzima ADN-polimerasa. El método es altamente eficiente en muestras de tejidos aunque dependiendo de la especie, en muestras de leche o de sangre, es frecuente detectar inhibidores o interferencias con la actividad de la enzima. La aplicación de la PCR en muestras clínicas diversas, cuyos cultivos son negativos en los medios habituales, es recomendable, pero los laboratorios deben disponer de la infraestructura necesaria para su realización y su aplicación a nivel masivo o poblacional lo cual puede representar dificultades operativas y altos costos.

En general lo sensato será emplear simultáneamente metodologías directas e indirectas para proveer mayor certeza diagnóstica, en especial aquella basada en el conocimiento detallado del agente y su comportamiento en la especie objetivo. Es evidente de la experiencia de los últimos años que las metodologías moleculares como el PCR han superado los métodos clásicos para la detección del agente en lo que respecta a las limitaciones de costo, tiempo y experiencia que éstos requieren. En la actualidad la sensibilidad y especificidad de PCR ha comprobado ser superior y sus múltiples variaciones, N-PCR y RT-PCR entre otros, han superado las limitantes iniciales de dificultad y costos, convirtiéndose en métodos rápidos y confiables. Sin embargo, es de recordar que para cualquier prueba diagnóstica el elemento esencial es el material clínico a analizar y partiendo de la calidad del mismo dependerá la calidad del resultado a obtener. Es así como es indispensable contar con el establecimiento de sistemas de aseguramiento de la calidad y controles de calidad constantes basados en protocolos estandarizados, muestras de control referencial y personal competente para la realización de cualquier prueba diagnóstica. Lo anterior a su vez requiere la validación de la metodología a emplear como elemento esencial que respalde la calidad del resultado diagnóstico y la toma de decisión.

Los métodos indirectos más comunes son las pruebas serológicas, neutralización viral, inmunoenzimático, ELISA, inhibición de hemaglutinación y las recientemente desarrolladas como biosensores, bioluminometría, fluorescencia polarizada, quimioluminiscencia, etc. En particular el desarrollo de reactivos mejorados y equipos de detección ha llevado a un dramático mejoramiento en la sensibilidad y especificidad de los sistemas de inmunoensayo, permitiendo un continuo rango de mejoramiento de los analitos que van a ser identificados y cuantificados.

Los avances recientes en las técnicas de biología molecular han hecho posible la producción de conjugados híbridos, que permitirán todavía más mejoras en la sensibilidad y el costo de los reactivos, así como la posibilidad de revolucionar la producción de anticuerpos monoclonales. Igualmente se han desarrollado pruebas diagnósticas más fáciles de usar y menos costosas con la confiabilidad, exactitud y sensibilidad requerida para brindar a la tecnología de los inmunoensayos la opción de aplicabilidad en áreas muy diversas como la monitoría *in situ*, grandes programas de tamizado epidemiológico y vigilancia ambiental remota. Como resultado, los inmunoensayos son ahora las técnicas analíticas más ampliamente empleadas que cubren un amplio espectro de analitos que son cuantificados por un rango cada vez mayor de equipos.

La disponibilidad de técnicas de diagnóstico confiables es a menudo un problema, y aún cuando estén disponibles, se carece de información sobre el comportamiento de la prueba respecto a la especificidad de especie. Cuando una prueba diagnóstica debe ser definida, tanto su sensibilidad (probabilidad de que una prueba positiva identifique un animal infectado) como su especificidad (probabilidad de que un resultado negativo identifique correctamente a un animal libre de la infección) deben ser determinadas y su intervalo

de confianza debe ser establecido. Para determinar la sensibilidad es indispensable utilizar un grupo de animales cuyo estatus de infección se conozca en detalle (referencia positivo “estándar de oro”), idealmente debe ser representativo de todas las fases de la enfermedad y tiene que haber disponibilidad de las muestras respectivas. Para la especificidad, los animales deben ser representativos de la población en la cual la prueba va a ser aplicada y deben comprobarse como libres de la infección. Para el caso de poblaciones silvestres será necesario profundizar en metodologías de validación con apoyos estadísticos que consideren las dificultades de cumplir con los ideales de referencia.

La simplicidad, aceptabilidad y seguridad son cualidades definidas como importantes en la eficiencia de las pruebas biológicas. Sin embargo, los conceptos de eficiencia diagnóstica pueden ser confusos si se sugiere que la sensibilidad y la especificidad son características constantes de una prueba. Estos dos parámetros pueden variar dentro de la población, y más aún cambiarán con la prevalencia a medida que avanza el control o la eliminación de la enfermedad. En general, es común emplear una prueba rápida, económica y de alta sensibilidad como prueba tamiz o de detección y utilizar una o más pruebas adicionales como confirmatorias de los animales positivos. En este caso es necesario conocer la sensibilidad y especificidad de las técnicas confirmatorias.

La extrapolación de las técnicas diagnósticas empleadas en las poblaciones animales productivas a la población silvestre presenta dos problemas esenciales. Por una parte, un número importante de metodologías existentes no han sido adecuadamente validadas aún en especies domésticas, y por otra, asumir que su comportamiento es idéntico en las especies salvajes puede no ser correcto debido a las diferencias en la patogenicidad de las cepas y serovariedades, la respuesta serológica del huésped y la exposición a microorganismos con estructuras antigénicas similares que pueden originar reacciones cruzadas. Algunas pruebas requieren reactivos específicos de especie y componentes que necesariamente no se encuentran comercialmente y la mayoría de las pruebas no han sido estandarizadas. Se requiere conocer detalladamente los principios relacionados con la evaluación de técnicas serológicas, su potencial de sensibilidad y especificidad y su relación con el establecimiento de la prevalencia para determinar si una determinada población está realmente infectada y facilitar la toma de decisiones.

Es importante recordar que la validación es un proceso que determina que tan buena es una prueba para un fin particular e incluye su optimización y la demostración de sus características de comportamiento. Una prueba validada para una enfermedad infecciosa produce resultados que identifican la presencia de un analito en particular (componentes de un agente infeccioso o anticuerpos inducidos por este) y permite hacer predicciones sobre el estado de los sujetos en prueba. Las pruebas, al ser aplicadas a individuos o poblaciones, pueden tener muchos propósitos, entre los cuales está ayudar a certificar la no existencia de una infección en un país o región, prevenir la distribución de una enfermedad al realizar comercio regional o entre países, confirmar el diagnóstico de enfermedad clínica, estimar la prevalencia de la infección para facilitar análisis de riesgo, identificar animales infectados para la implementación de medidas de control y clasificar animales que permitan evaluar el estado sanitario o de protección post vacunación a nivel de hato. Una prueba puede ser validada para uno o varios propósitos, como determinar sensibilidad diagnóstica con especificidad diagnóstica mas baja para un propósito de tamizado o inversamente alta especificidad diagnóstica asociada con baja sensibilidad para una prueba confirmatoria. Para el entendimiento de los estatus microbiológicos e inmunológicos de una especie en estudio, se requiere de técnicas diagnósticas y de tamizado cada vez más sensibles y específicas, sondas moleculares y reactivos inmunológicos de máxima calidad.

Un ejemplo de todo lo anterior es la *Brucella abortus*. Ésta adquirió relevancia en USA como una infección de importancia en animales silvestres esencialmente porque estos son considerados reservorios importantes para el ganado cercano. La poca certeza de su diagnóstico, debida en parte a reacciones cruzadas a patógenos ambientales como *Yersinia enterocolitica* O:9 en la serología convencional para *Brucella*, ha complicado el manejo de la enfermedad y ha permitido visualizar la necesidad de la validación de las metodologías en los animales silvestres. Por lo tanto es esencial disponer de pruebas diagnósticas confiables que respalden el enfoque apropiado para definir la población fuente de la infección, basadas en factores más importantes como genética y dinámica de grupo más que en factores económicos. Desafortunadamente pruebas diagnósticas incorrectas o no validadas limitaron inicialmente el manejo efectivo de los hatos de ungulados

silvestres (bisones, elks), especialmente en ausencia de signos clínicos en estas especies. En general, el tamizado serológico para enfermedades infecciosas puede ser muy eficiente en tiempo y costos y puede permitir evaluación retrospectiva de la prevalencia, sin embargo la eficiencia de estos métodos se reduce por resultados incorrectos debidos a valores subóptimos de sensibilidad y especificidad, llevando potencialmente a decisiones de manejo basadas en información incorrecta.

Muchas pruebas serológicas dan resultados deficientes por reactividad cruzada debida a organismos estructural o bioquímicamente similares como la *B. abortus* y la *Y. enterocolitica*, y la no correcta o incompleta validación de las pruebas empleadas en las especies de interés. Mediante la validación especie específica de las pruebas diagnósticas y con la utilización selectiva de pruebas de tamizado de alta sensibilidad, seguidas de pruebas confirmatorias mas específicas, quien diagnostica y quien maneja los animales silvestres puede estar razonablemente conforme con la información sobre la cual esta basada su decisión. En el caso específico de pruebas de *Brucella*, las dificultades con el cultivo han resultado en una carencia de “estándar de oro” para detectar la infección y por ello la serología validada específicamente proporciona la mejor oportunidad para un diagnóstico seguro de la presencia de la infección por *B. abortus* en la población silvestre. Dichos avances son actualmente reforzados con metodologías moleculares, a su vez ampliamente estandarizadas y validadas como PCR y VNTR para identificación de especie y biotipos de *Brucella* que permiten la confirmación y caracterización de la presencia del agente.

En conclusión los conceptos y parámetros básicos para la aplicación de las metodologías diagnósticas de agentes infecciosos debe seguir los lineamientos expuestos aquí, pero se requerirá para los animales silvestres del desarrollo de nuevas pruebas o la aplicación de las existentes a nuevas especies y frecuentemente esto deberá hacerse en ausencia de “estándares de oro” lo que requerirá de la utilización herramientas estadísticas o probabilísticas apropiadas para estimar la sensibilidad y la especificidad deseada. Por lo tanto aunque se puede argumentar que cualquier prueba es preferible a ninguna, es importante ser muy cuidadoso en la interpretación, contar con un conocimiento básico del agente infeccioso y su mecanismo de interacción con el hospedero, teniendo en cuenta que en muchos casos el agente se expresa intermitentemente y aceptar que el estatus infeccioso de un animal dado puede ser imposible de determinar con certeza hasta no efectuar un examen post-mortem.

Referencias

- Belák, S. (2007). Molecular diagnosis of viral diseases, present trends and future aspects. A view from the OIE Collaborating Centre for the Application of Polymerase Chain Reaction Methods for Diagnosis of Viral Diseases in Veterinary Medicine. *Vaccine*, 25, 5444-5452.
- Beldomenico, P. M. (2006). Medicina y animales silvestres: desafío para las ciencias veterinarias en el siglo XXI. *Revista FAVE - Ciencias Veterinarias* 5 (1-2).
- Buddle, B. M, Wedlock, D. N, Denis, M. Progress in the development of tuberculosis vaccines for cattle and wildlife. *Vet Microbiol.* 112(2-4):191-200.
- Chambers, M. A. (2009). Review of the Diagnosis and Study of Tuberculosis in Non-Bovine Wildlife Species Using Immunological Methods. *Transboundary and Emerging Diseases.* 56 (2009) 215–227.
- Cheng, V. C. C. S. K. P. Lau, P. C. Y. Woo, and K. Yung Yuen. (2007). Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus as an Agent of Emerging and Reemerging Infection. *Clinical Microbiology Reviews*, 30 (4) 660–694.
- Daszak P, Epstein J. H, Kilpatrick A. M, Aguirre A. A, Karesh W. B, Cunningham A. A. (2007). Collaborative research approaches to the role of wildlife in zoonotic disease emergence. *Curr Top Microbiol Immunol.* 315:463-75.
- Drewe, J. A., G. S. Dean, A. L. Michel, G. P. Pearce. (2009). Accuracy of three diagnostic tests for determining *Mycobacterium bovis* infection status in live-sampled wild meerkats (*Suricata suricatta*) *J. Vet. Diagn Invest* 21:31–39.
- Duncan AE, Lyashchenko K, Greenwald R, Miller M, Ball R. (2009). Application of Elephant TB STAT-PAK assay and MAPIA (multi-antigen print immunoassay) for detection of tuberculosis and monitoring of treatment in black rhinoceros (*Diceros bicornis*). *J Zoo Wildl Med.* (4):781-5.

- Entrican, G, J. K Lunney, V. P. Rutten, C. L. Baldwin. (2009). A current perspective on availability of tools, resources and networks for veterinary immunology *Veterinary Immunology and Immunopathology* 128: 24–29.
- Fèvre E. M, Bronsvoort B. M, Hamilton K. A, Cleaveland S. (2006). Animal movements and the spread of infectious diseases. *Trends in Microbiology* 14(3):125-31.
- Gall, D. K. Nielsen, L. Forbes, D. Davis, P. Elzer, S. Olsen, S. Balsevicius, L. Kelly, P. Smith, S. Tan and D. Joly. (2000). Validation of the fluorescence polarization assay and comparison to other serological assays for the detection of serum antibodies to *brucella abortus* in bison. *Journal of Wildlife Diseases*, 36(3), 469–476.
- Gardner IA, Hietala S, Boyce WM. (1996). Validity of using serological tests for diagnosis of diseases in wild animals. *Rev Sci Tech.* 15(1):323-35.
- Jefferies R, Morgan E. R, Shaw S. E. A. (2009). SYBR green real-time PCR assay for the detection of the nematode *Angiostrongylus vasorum* in definitive and intermediate hosts. *Vet Parasitol.* 166(1-2):112-8.
- Lyashchenko KP, Greenwald R, Esfandiari J, Chambers MA, V. J, Gortazar C, Santos N, Correia-Neves M, Buddle BM, Jackson R, O'Brien DJ, Schmitt S, Palmer MV, Delahay RJ, Waters WR. (2008). Animal-side serologic assay for rapid detection of *Mycobacterium bovis* infection in multiple species of free-ranging wildlife. *Vet Microbiol.* 10;132(3-4):283-92.
- Mariño, O. C.; Rueda; O. E.; Calderón; C. P.; Gall; D.; Nielsen, K. (2005). Estudio de metodologías para el diagnóstico serológico de Brucelosis en búfalos. 12th International Symposium of the World Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians (WAVLD). 7Th OIE Seminar on Biotechnology. 16-19 de Noviembre, 2005. Presentación modalidad, Poster.
- Merianos A. (2007). Surveillance and response to disease emergence. *Curr Top Microbiol Immunol.* 315:477-509.
- [OIE] Office International Des Epizooties. (2008). General guidelines and surveillance for specific diseases. Terrestrial Animal Health Code. WHO-OIE, Paris, France, http://www.oie.int/eng/normes/Mcode/en_sommaire.htm. Accessed 15 March 2009.
- Peruski, Anne H. and L. F. Peruski, Jr.. (2003). Immunological Methods for Detection and Identification of Infectious Disease and Biological Warfare Agents- Clinical And Diagnostic Laboratory Immunology, 4(4):506–513.
- Richmond J. Y, Nesby-O'Dell S. L. (2002). Laboratory security and emergency response guidance for laboratories working with select agents. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Recomm. Rep* 51(RR-19):1–6.
- Stallknecht. D. E. (2007). Impediments to Wildlife Disease Surveillance, Research, and Diagnostics. *Curr Top Microbiol Immunol.* 315:445–461.
- Stöbel K, Schönberg A, Staak C. (2002). A new non-species dependent ELISA for detection of antibodies to *Borrelia burgdorferi* in zoo animals. *Int J Med Microbiol.* 291 Suppl 33:88-99.
- Sweeney, S. J., C. Emerson, and I. S. Eriks. (2001). Cloning, sequencing, and expression of interferon- γ from elk in North America. *Journal of Wildlife Diseases*, 37(1): 164–171.
- Thulke, H. H., D- Eisinger, C. Freuling, A. Frohlich, A. Globig, V. Grimm, T. Muller, T. Selhorst, C. Staubach, and S. Zips. (2009). Situation-based surveillance: adapting investigations to actual epidemic situations. *Journal of Wildlife Diseases*, 45(4):1089–1103.
- Uttamchandani, M., Jia Ling Neo, B. Ngiap Zhung Ong and S. Moochhala. (2009). Applications of microarrays in pathogen detection and biodefence. *Trends in Biotechnology.* 27 (1).
- Viljoen, G.J., Nell, H , Crowther, J.R. (2005). *Molecular Diagnostic PCR Handbook*. IAEA-FAO, Springer, WAHID Interface—OIE World. Animal Health Information Database. Event summary: Rabies, Italy.
- World Health Organization (WHO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and World Organisation for Animal Health (OIE), (2004). "Report of the WHO/FAO/OIE joint consultation on emerging zoonotic diseases, 3–5 May 2004–Geneva, Switzerland. http://whqlibdoc.who.int/hq/2004/WHO_CDS_CPE_ZFK_2004.9.pdf (accessed 2007-05-24).
- World Organisation For Animal Health (OIE) (2002). OIE Guide 3: Laboratory Proficiency Testing. In: OIE. *lity Standard and Guidelines for Veterinary Laboratories: Infectious Diseases*. OIE, Paris, France, 53–63.

Muestras para parasitología y microbiología

La literatura ofrece una amplia gama de técnicas para la toma y transporte de muestras de microbiología y parasitología que son útiles para la práctica en la salud de la fauna. En las condiciones de campo en lugares de difícil acceso, igual que en la salud humana y de animales domésticos, el transporte y el mantenimiento de las muestras hasta que lleguen al laboratorio es un reto tan grande o mayor que la toma misma. El tamaño de la muestra, las condiciones ambientales y el tiempo de acceso a los laboratorios hacen necesario que se tomen medidas con anticipación. Por tanto, es prioritario que se defina previamente junto con el laboratorio los métodos de toma y mantenimiento y se determine el tiempo de transporte; ya que algunos pueden tener horarios de recepción o no recibir en fin de semana.

Lógicamente, la selección de la muestra y el medio de transporte dependen de las necesidades de diagnóstico o de estudio. Algunas pruebas podrán requerir del uso de medios específicos que deben ser preparados con anticipación y mantenerse en frío. Por lo general, a los autores les ha sido útil incluir dentro del equipo, dispositivos con hisopo y medio de transporte para diagnóstico microbiano (por ejemplo, Culturette®). También, reactivos para hacer pruebas rápidas en campo, como por ejemplo azul de lactofenol y coloración de Gram (esta última es especialmente útil para el conteo de la composición microbiana en materia fecal de aves).

En el campo la contaminación de la muestra ocurre muy fácilmente. Es difícil en el bosque conservar las mismas condiciones de asepsia que se pueden esperar de un lugar en cautiverio o en una clínica. Sin embargo, si es posible tomar algunas medidas, como alistar un espacio adecuado y protegido (por ejemplo, con una lona o carpa y una mesa) en el que se pueda trabajar con seguridad, tener un mechero cerca en el momento

de la toma, utilizar tapabocas y guantes y evitar que la persona que toma la muestra manipule los animales o tenga contacto con otras superficies durante la toma de muestras. Recuerde que en casos que se sospeche zoonosis puede ser necesario utilizar equipos y vestimentas que garanticen la bioseguridad del personal.

Las muestras para virus requieren de medios especiales para lo cual el laboratorio debe indicarle o suministrarle el más apropiado, acorde con los propósitos de diagnóstico. Estos en general consisten de soluciones salinas buferadas a las cuales se les agregan proteínas (gelatina o albúmina) para proteger el virus contra la inactivación y antibióticos para evitar la multiplicación bacteriana y micótica. También se emplea el Buffer de lisis para la realización de pruebas moleculares, ya que provoca la ruptura de las proteínas dejando libre el genoma viral. Considere para la toma de medidas de bioseguridad, que en el medio de transporte el virus conserva sus propiedades inactivas, mientras en el Buffer de lisis no.

Infórmese previamente de las normas técnicas nacionales e internacionales para el transporte, ya que toda muestra proveniente de animales silvestres debe ser considerada infecciosa. Las sustancias infecciosas tienen que empacarse en el sistema de tres contenedores (Sistema P 650), según la normativa de las Naciones Unidas: 1/. Recipiente o contenedor primario, el que tiene que estar completamente sellado y plenamente identificado; 2/. Contenedor secundario con materiales amortiguador y absorbente, que contiene varios primarios, y evita el contacto entre estos, y 3/. Contenedor terciario, el cual puede ser una nevera de icopor o poliestireno. Este contiene el material refrigerante o congelante.

Los especímenes diferentes a sangre deben ser mantenidos a 4°C cuando el transporte es menor a una hora. Cuando este es mayor, se recomienda que las muestras se mantengan en hielo seco (-78°C) o termos con nitrógeno líquido

(-195,8°C). Si la muestra se va a transportar vía aérea, consulte la aerolínea para conocer las condiciones, pues normalmente hay restricciones.

En el caso de las muestras para examen de macroparásitos no es necesario conservar las mismas medidas de asepsia requeridas para microbiología. Puede tomarse materia fecal inmediatamente es depositada por los animales sin necesidad

de capturarlos, pero es importante considerar que ésta puede contaminarse muy rápidamente por la colonización inmediata de artrópodos de vida libre. Como medida preventiva, se desecha la parte exterior y sólo se colecta la muestra de la parte interna. En el cuadro del Caso 5-5 se evalúa el uso de cultivos parasitarios y de medios conservantes para las muestras de endoparásitos.

Caso 5.5: EVALUACIÓN DE TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y CULTIVO DE PARÁSITOS GASTROINTESTINALES DE VIDA SILVESTRE: MODELO PRIMATES
Diana Barrera, Fernando Nassar-Montoya y Victoria Pereira-Bengo.
Centro Araguatos & Universidad de la Salle.

Se presentan varios retos para la buena toma y preservación de las muestras de animales en vida silvestre en lugares en los que se dificulta el acceso a laboratorios e inclusive la preservación y transporte de acuerdo con las condiciones recomendadas por los laboratorios, que definen la calidad y confiabilidad de los resultados. Algunos factores inherentes a la toma de la muestra se dificultan debido a los pequeños volúmenes de las deposiciones en muchas especies, la dificultad de colección dentro del bosque debido a los hábitos arbóreos de algunos, las variaciones de humedad y temperatura en el trópico y las altas precipitaciones en algunas zonas. También, el temperamento tímido y huidizo de muchas especies hace difícil obtener muestras recién evacuadas.

Evaluamos el efecto, utilidad y limitaciones de las técnicas de coprocultivo y conservación de huevos y ooquistes en medio MIF para los estudios de los endoparásitos de los primates del nuevo mundo en vida silvestre y específicamente el tamaño del contenedor y la proporción de la muestra de materia fecal, el tiempo de cultivo (para nemátodos), y la dilución de la muestra en el medio MIF.

Los resultados de este trabajo demuestran que las cajas de Petri plásticas son un buen recipiente para el coprocultivo de parásitos debido a que permiten un buen crecimiento parasitario de Larvas 3 de algunos nemátodos y son de fácil transporte y manejo en campo donde las condiciones pueden ser muy variables. El tamaño de la caja no influyó en el crecimiento de los parásitos en coprocultivos con pequeñas cantidades de materia fecal, a pesar de que observaciones anteriores de los autores habían sugerido que la desecación podría ser mayor en recipientes más grandes debido a que la muestra tiende a esparcirse en la caja aumentando la superficie de contacto con el aire. Por otra parte, el uso de las cajas pequeñas presenta ventajas para el trabajo de campo debido a que ocupan menor espacio, lo que las hace más manejables.

El aserrín presentó buenos resultados para los cultivos de materia fecal. La proporción del sustrato con la muestra sí produjo un efecto significativo en el crecimiento larvario, y parecería que es de alta importancia en el coprocultivo de pequeñas muestras, que tienden a desecarse más fácilmente. Su acción podría explicarse por la forma como se comporta la materia fecal en el medio natural, además de su cualidad para mejorar la textura de la muestra y servir como vehículo vermicular. En las muestras fecales puras se tiende a formar una costra superficial gruesa que estaría disminuyendo la circulación y el intercambio de gases; mientras que el sustrato por otra parte, estaría simulando las condiciones naturales, cuando la materia fecal de los animales cae en un golpe y se esparce en superficies irregulares como hojarasca, troncos de ramas, piedras, hojas, etc. Esto facilitaría el intercambio gaseoso y rompería el aislamiento por la formación de la costra externa. En los dos tiempos de cultivo utilizados en este trabajo (7 y 15 días) se observó crecimiento larvario, resultados acordes con las recomendaciones encontradas en la literatura que reportan un rango de aproximadamente 7-20 días para la cosecha de nemátodos según las condiciones de temperatura y humedad (Niec, 1968; Vélez, 1983; Pit *et al.*, 1999). Aunque evidentemente el crecimiento de L3 fue más abundante

a los 15 días que a los 7 días, también a este día se incrementó el número de Adultos de Vida Libre (AVL) que correspondería al desarrollo de las formas adultas de los parásitos. Por otra parte, es interesante el hecho que pesar de los bajos conteos de huevos de nemátodos observados en la muestra, se encontraron cambios significativos en las dos diluciones de muestra en el medio MIF, de la misma manera que ocurrió con los conteos de las eimerias. En ambos casos, los recuentos fueron mayores en la dilución 1:10 que en 1:5, que demuestra la importancia de este factor. Los más bajos recuentos en la concentración mayor de muestra (1:5) se explicarían por mortalidad de huevos y ooquistes debido a que la cantidad del conservante es insuficiente para la cantidad de muestra fecal. El almacenamiento de las muestras fecales en MIF en una dilución 1:10 es una buena alternativa para conservar los huevos de los parásitos de los primates; hecho que se corroboró por el examen adicional de algunas muestras que llevaban tres años en este medio y en las que se observó la buena conservación de las estructuras parasitarias. Los conteos menores para nemátodos y eimerias con la solución salina de McMaster que se observaron en el estudio, pueden deberse a la precipitación de la solución por la reacción con el medio MIF, que conllevaría una variación en la densidad y la disminución de la precisión de la prueba (Cringoli *et al.*, 2004). Por tanto, cuando se utilice MIF para conservar los parásitos, es más recomendable complementar la técnica con MIF Concentración para el recuento de huevos y ooquistes. De todas formas es importante que futuros trabajos se enfoquen a evaluar más detalladamente esta y otras técnicas de conservación y análisis de huevos que podrían ser más útiles para el estudio de los primates en vida libre. Los resultados del presente trabajo demuestran que es posible implementar de manera sencilla y a bajo costo una metodología para la conservación de las muestras fecales de los primates del nuevo mundo para el análisis parasitario, a pesar de los inconvenientes que representa el trabajo en campo con estas especies. La utilización conjunta del cultivo fecal y la conservación en el medio MIF, permite no solamente trabajar en lugares remotos durante un periodo prudencial de tiempo antes de tener acceso al laboratorio, sino que incrementa el alcance de los estudios al mejorar las posibilidades de diagnóstico.

Para la realización de los cultivos fecales en pequeñas cantidades es necesario utilizar un sustrato como el aserrín, en una proporción con la muestra de 1:1, ya que en proporciones menores se disminuye el crecimiento larvario. El periodo de cultivo recomendable está entre los 7 y 15 días, tiempo que está comprendido dentro del rango reportado por la literatura. La mejor dilución de muestra: MIF para la conservación de huevos y ooquistes es de 1:10, para lo que el almacenamiento en frascos de vidrio ámbar de 20 ml. es una buena alternativa para las muestras pequeñas de los primates en campo.

Referencias

- Cringoli G, Rinaldi L, Veneziano V, Capelli G, Scala A. (2004). The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Vet Parasitol.* 123(1-2):121-31.
- Niec, R. (1968). Cultivo e identificación de larvas infectantes de larvas de nemátodes gastrointestinales del bovino y ovino. Argentina: Instituto de Patología Animal, Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria, Secretaría del estado de Agricultura y Ganadería de la Nación.
- Pit, D.S., De Graaf W., Snoek, H., De Vlas, S.J., Baeta, S.M. & Polderman, A.M. (1999). Diagnosis of *Oesophagostomum bifurcum* and hookworm infection in humans: day-to-day and withinspecimen variation of larval counts. *Parasitology* 118: 283-288.
- Vélez, A. (1983). Guía en parasitología veterinaria. Colombia: Exitodinámica editores.

Referencias citadas

- Ader, R. (Ed.). (1981). *Psychoneuroimmunology*. New York: Academic Press.
- Aguirre, A. A., & Lampo, M. (2006). Protocolo de bioseguridad y cuarentena para prevenir la transmisión de enfermedades en anfibios. En A. Angulo, J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca (Eds.), *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina* (pp. 73-96). Bogotá: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Aguirre, A. A., & Lutz, P. L. (2004). Marine turtles as sentinels of ecosystem health: is fibropapillomatosis an indicator? *EcoHealth*, 1, 275-283.
- Aguirre, A. A., O'Hara, T., Speaker, T. R., & Jessup, D. A. (2002). Monitoring the health and conservation of marine mammals, sea turtles, and their ecosystems. En A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, G. M. Tabor, C. House & M. C. Pearl (Eds.), *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice* (pp. 79-103). New York: Oxford University Press.
- Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (Eds.). (2002). *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice*. New York: Oxford University Press.
- Al Kharousi, Y. H. (2006). Poaching of re-introduced Arabian oryx in Oman: will accession to CITES help? *Re-introduction News*, 25; 23-25.
- Alarcón, A., Beltrán, M., Cárdenas, M., & Campos, C. (2005). Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. *Biomédica*, 25, 353-356.
- Albrech, G. A. (2001). Applied ethics in human and ecosystem health: the potential of ethics and an ethic of potentiality. *Ecosystem Health*, 7, 243-252.
- Alderman, D. J. (1996). Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 15(2), 603-632.
- Álvarez, A., & Leguizamón, N. (2006). Consideraciones generales sobre el manejo de fauna silvestre en áreas urbanas, experiencia en Bogotá, D.C. Colombia. *Conservación ex situ: investigación para el manejo en cautiverio y conservación de la fauna silvestre*, 2, 7-10.
- Alvarez, M. D. (2002). Illicit Crops and Bird Conservation Priorities in Colombia. *Conservation Biology*, 16(4), 1086-1096.
- Álvarez-León, R., Gutiérrez-Bonilla, F., & Rodríguez-Foreiro, A. (2002). Los peces dulceacuícolas introducidos y transplantados en Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. En J. I. Mojica, C. Castellanos, S. Usma & R. Álvarez (Eds.), *Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia. La Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia* (pp. 55-62). Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente.
- AMEC Americas Limited. (2005). *Mackenzie gas project effects of noise on wildlife*, Disponible en: http://www.ngps.nt.ca/Upload/Proponent/Imperial%20Oil%20Resources%20Ventures%20Limited/birdfield_wildlife/Documents/Noise_Wildlife_Report_Filed.pdf.

- Amstrong, D. R., Jakob-Hoff, R., & Seal, U. (2003). *Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN). Movimiento de Animales y Riesgo de Enfermedad: Libro de Trabajo*. Apple Valley, USA: CBSG.
- Anderson, R. M., & May, R. M. (1978). Regulation and stability of host-parasite population interactions. Regulatory mechanisms. *Journal of Animal Ecology*, 47, 219-247.
- Anderson, R. M., & May, R. M. (1979). Population biology of infectious diseases: part I. *Nature*, 280, 361-367.
- Andrade, G. L. (2003). Lagos y humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: de la Biología a la Cultura de la Conservación. En C. I. Colombia (Ed.), *Los humedales de Bogotá y la Sabana* (Vol. Tomo II, pp. 29-55). Bogotá: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional.
- Anónimo. (2008a). En Cali se disparó muerte violenta de gatos por temor a contagio de rabia. *El Tiempo*.
- Anónimo. (2008b). En calles y Centro de Zoonosis: Abandonan perros y gatos por temor a la rabia. *El Tiempo*, p. 10.
- Anonymous. (2002). Rights, wrongs, and ignorance. *Nature*, 416, 351.
- Araújo M. B, Thuiller W. & Pearson R. G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33: 1712–1728.
- Arias-Bernal, L., Vásquez, C. M., Nassar-Montoya, F., Palma, F., & Calvo, P. (2003). Estudio de las enfermedades de la piel en primates cautivos en el Zoológico Parque Jaime Duque, Colombia. En V. Pereira-Bengoia, F. Nassar-Montoya, A. Savage & Contribuidores (Eds.), *Primatología del nuevo mundo: biología, medicina, manejo y conservación* (pp. 161-172). Colombia: Centro de Primatología Araguatos.
- Arias-Leyva, A. F. (2007). *Los biocombustibles en Colombia. Seminario de Biocombustibles, Cartagena, Colombia, Septiembre de 2007*.
- Armstrong, D. P., Jakob-Hoff, R., & Seal, U. (Eds.). (2003). *Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN): Movimiento de animales y riesgo de enfermedad, Libro de trabajo*. Apple Valley, MN, USA: CBSG.
- Arriaga, L., Huerta, E., Lira-Saade, R., Moreno, E., & Alarcón, J. (2006). Assessing the risk of releasing transgenic *Cucurbita* spp. in Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 291-299.
- Asociación Bogotana de Ornitología. (2000). *Aves de la Sabana de Bogotá: Guía de Campo*. Bogotá: ABO, CAR.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas-López, D., Gutiérrez, F., Gil, D., & Lasso, C. A. (Eds.). (2010). *Análisis de Riesgo y Propuesta de Categorización de Especies Introducidas para Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bassett, L., & Buchanan-Smith, H. M. (2007). Effects of predictability on the welfare of captive animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 223-245.
- Battin, J. (2004). When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology*, 18(6), 1482-1491.
- Bautista, L. M., García, J. T., Calmaestra, R. G., Palacín, C., Martín, C. A., Morales, M. B., et al. (2004). Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology*, 18(3), 726-732.
- Bedoya-Gaitán, M. (2000). Cacería y conservación de fauna en la comunidad indígena ticuna de Buenos Aires (Amazonas, Colombia). En F. Nassar-Montoya & R. Crane (Eds.), *Actitudes hacia la fauna en Latinoamérica*. (pp. 177-188). Bogotá: HSI/HSP & Centro de Primatología Araguatos.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology from individuals to ecosystems* (Fourth Edition), UK: Blackwell Publishing.
- Beissinger, S. R., & Snyder, N. F. R. (Eds.). (1992). *New World Parrots in Crisis: Solutions from Conservation Biology*. USA: Smithsonian Institution Press.
- Bejarano González F, Souza Casadinho J, Weber JM, Guadarrama Zugasti C, Escamilla Prado E, Beristáin Ruiz B, Acosta M, Cárcamo MI, Ramírez Muñoz F. (2008). El endosulfán y sus alternativas en América Latina. Santiago, Chile: RAP-AL.
- Belden, L. K., & Harris, R. N. (2007). Infectious diseases in wildlife: the community ecology context. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(10), 533-539.

- Bermejo, M., Rodríguez-Teijeiro, J. D., Illera, G., Barroso, A., Vilé, C., & Walsh, P. D. (2006). Ebola outbreak killed 5000 gorillas. *Science*, 314(5805), 1564.
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird Census Techniques* (Second Edition). USA: Academic Press.
- Bicca-Marques, J. C. (2003). How do howler monkeys cope with habitat fragmentation? En L. K. Marsh (Ed.), *Primates in fragments: ecology and conservation* (pp. 283-304): Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Bird, B. L., Branch, L. C., & Miller, D. L. (2004). Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice. *Conservation Biology*, 18(5), 1435-1439.
- BirdLife International. (2000). *Threatened birds of the world*. Spain and UK: Lynx Ediciones and BirdLife International.
- Blaustein, A. R., Romansic, J. M., Kiesecker, J. M., & Hatch, A. C. (2003). Ultraviolet radiation, toxic chemicals and amphibian population declines. *Diversity and Distributions*, 9(2), 123-140.
- Blaustein, A. R., & Wake, D. B. (1995). The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American*, 272, 52-57.
- Blomström A. L. (2011). Applications of viral metagenomics in the veterinary field. Looking for the unknown. Doctoral Thesis, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Sciences. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Boone, M. D., & Bridges, C. M. (2003). The Problem of Pesticides: Implications for Amphibian Populations. En R. D. Semlitsch (Ed.), *Amphibian Conservation*. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press.
- Botzler, R. (1991). Epizootiology of avian cholera in wildfowl. *Journal of Wildlife Diseases*, 27(3), 367-395.
- Bousquet, F., & Le Page, C. (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: A review. *Ecological Modelling*, 176(3-4), 313-332.
- Braune, B. M. (2007). Temporal trends of organochlorines and mercury in seabird eggs from the Canadian Arctic, 1975-2003. *Environmental Pollution*, 148, 599-613.
- Breitenmoser, U., & Haller, H. (1993). Patterns of predation by reintroduced European lynx in the Swiss Alps. *The Journal of Wildlife Management*, 57, 35-144.
- Brito, E., Palacios, H., Yunda, H. R., & Reyes, L. (2005). *Rabia de origen silvestre en Colombia construcción de un modelo espacial para determinar áreas de riesgo en Colombia*. Manuscrito No publicado, Bogotá.
- Brook, B. W., Burgman, M. A., & Frankham, R. (2000). Differences and congruencies between PVA packages: the importance of sex ratio for predictions of extinction risk. *Conservation Ecology*, 4(1), 6.
- Brosius J (2003) The contribution of RNAs and retroposition to evolutionary novelties. *Genetica*, 118:99–116.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & Von Ende, C. N. (1998). *Field and Laboratory Methods for General Ecology* (Fourth Edition). USA: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Brown, P. (1987). Microparasites y macroparasites. *Cultural Anthropology, Biological and Cultural Anthropology at Emory University*, 155-171.
- Bunk, S. (2004). Chronic wasting disease-prion disease in the wild. *PLoS Biology*, 2, 427-430.
- Bunnell, J. E. (2004). Medical Geology: Emerging discipline on the ecosystem-human health interface. *EcoHealth*, 1(1), 15-18.
- Burdon, R. H. (1999). *Genes and the Environment*. London: Taylor & Francis Ltd.
- Burgman, M. A., Ferson, S., & Akçakaya, H. R. (1993). *Risk assessment in conservation biology*. London: Chapman and Hall.
- Cable, J., & Harris, P. D. (2002). Gyrodactylid developmental biology: historical review, current status and future trends. *International Journal of Parasitology*, 32, 255-280.
- Calvachi, B. (2003). La fauna de los humedales, de la majestuosidad de los mastodontes hacia el oportunismo de las ratas. En Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-Conservación Internacional Colombia (Ed.), *Los humedales de Bogotá y la Sabana* (pp. 109-138.). Bogotá: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-Conservación Internacional Colombia.
- Cameron, C. E., Gotte, M., & Raney, K. D. (Eds.). (2009). *Viral Genome Replication*: Springer Science Business Media.

- Campos, C. (2003). Indicadores de contaminación en aguas de la Sabana de Bogotá. En C. I. Colombia (Ed.), *Los Humedales de Bogotá y la Sabana* (Vol. Tomo I, pp. 241- 262). Bogotá: Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional.
- Campos-Rozo, C., Ulloa, A., & Rubio-Togler, H. (Eds.). (2001). *Manejo de fauna con comunidades rurales*. Colombia: Fundación Natura/OREWA/UAESPNN/OEI/OEI.
- CAN. (1996). *Decisión 391, Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos. Sexagesimoctavo Período Ordinario de Sesiones de la Comisión, 02 de julio de 1996, Caracas - Venezuela*. Manuscrito No publicado.
- Cannon, W. B. (1928). *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement*. New York & London: D. Appleton & Company.
- Caro, T. (1998). The significance of behavioral ecology for conservation biology. En T. Caro (Ed.), *Behavioral Ecology and Conservation Biology* (pp. 3-26). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Casadevall, A., & Pirofski, L. (2001). Host-pathogen interactions: the attributes of virulence. *The Journal of Infectious Diseases*, 184, 337-344.
- Casadevall, A., & Pirofski, L. A. (1999). Host-pathogen interactions: redefining the basic concepts of virulence and pathogenicity. *Infection and Immunity*, 67, 3703-3713.
- CBD/UNEP. (2001). *Handbook of the Convention on Biological Diversity*: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. CBD/UNO/PNUD.
- Centro de Primatología Aruatos. (2004). *Rehabilitación y liberación de un grupo de monos cariblancos Cebus albifrons versicolor. Informe final presentado al DAMA. Convenio DAMA- Centro de Primatología Aruatos*. Bogotá.
- Chambers, R. (1994). The Origins and Practice of Participatory Rural Appraisal. *World Development*, 22(7), 953-969.
- Chapman, C. A., Gillespie, T. R., & Goldberg, T. L. (2005). Primates and the ecology of their infectious diseases: How will anthropogenic change affect host-parasite interactions? *Evolutionary Anthropology*, 14(134-144).
- Chen, H., Smith, G. J., Zhang, S. Y., Qin, K., Wang, J., & et al. (2005). Avian flu: H5N1 virus outbreak in migratory waterfowl. *Nature*, 436, 191-192.
- Chen, H. L., Li, Y. B., Li, Z. J., Shi, J. Z., Shinya, K., & et al. (2006). Properties and dissemination of H5N1 viruses isolated during an influenza outbreak in migratory waterfowl in western China. *Journal of Virology*, 80, 5976-5983.
- Chipman, R., Slate, D., Rupprecht, C. E., & Mendoza, M. (2008). Downside risk of wildlife translocation. *Developmental Biology (Basel)*, 131, 223-232.
- Chivian, E. (2003). *Biodiversity: Its importance to Human Health: Interim Executive Summary*: Center for Health and Global Environment, Harvard Medical School.
- Chivian, E., & Bernstein, A. (Eds.). (2008). *Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity*. USA: Oxford University Press.
- Cincotta, R. P., & Engelman, R. (2000). *Nature's Place: Human Population and the Future of Biological Diversity*. Washington: Population Action International.
- Clavijo, C. (2005). *Evaluación del comportamiento social de un grupo de maiceros (Cebus albifrons versicolor) durante el proceso de rehabilitación y liberación*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Clavijo, C., Nassar Montoya, F., Ramírez, C. C., Pérez, J., Pereira Bengoa, V., & Sánchez, I. (2006). Comportamiento social de un grupo de maiceros (*Cebus albifrons versicolor*) durante su rehabilitación y liberación. En DAMA (Ed.), *Conservación ex-situ: investigación para el manejo en cautiverio y conservación de la fauna silvestre* (pp. 53-61). Bogotá: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).
- Colborn, T., vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*, 101(5), 378-384.
- Collinge, S., & Ray, C. (2006). *Disease Ecology: Community Structure and Pathogen Dynamics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Collins, J. P., & Storfer, A. (2003). Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, 9, 89-98.

- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 345, 101-118.
- Committee on the National Needs for Research in Veterinary Science. (2005). *Critical needs for research in veterinary science. Committee on the National Needs for Research in Veterinary Science Board on Agriculture and Natural Resources Division on Earth and Life Studies: The National Academies Press.*
- Conover, M. R. (2002). *Resolving Human-Wildlife Conflicts: The Science of Wildlife Damage Management.* USA: CRC.
- Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica. (1992). *Convenio de Diversidad Biológica 1992.*, Consultado en Marzo 20 de 2012. Disponible en <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.
- Corvalán, C., Hales, S., & McMichael, A. J. (2005). *Ecosistemas y bienestar humano: síntesis sobre la salud. Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM).*
- Courchamp, F., Chapuis, J. L., & Pascal, M. (2003). Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews*, 78, 347-383.
- Courtice, F. C. (1943). The blood volume in normal animals. *The Journal of Physiology*, 102, 290-305.
- Craig, J. L. (1994). Metapopulations: is management as flexible as nature? En P. J. S. Olney, G. M. Mace & A. T. C. Fesitner (Eds.), *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals* (pp. 50-66). London: Chapman & Hall.
- Creel, S. (2001). Social dominance and stress hormones. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(9), 491-497.
- Crespi, B. J., & Vanderskist, B. A. (1997). Fluctuating-Assimetry in vestigial and functional traits of a haplodiploid insects. *Heredity*, 79, 624-630.
- Crockett, C. M. (1998). Conservation Biology of the Genus *Alouatta*, *International Journal of Primatology* (Vol. 19, pp. 549-578): Springer Netherlands.
- Cuadros, L. M. (1997). *Estudio de la relación de las patologías presentadas en los chigüiros (Hydrochaeris hydrochaeris) en el Zoológico Jaime Duque.* Universidad de La Salle, Bogotá.
- Cully, J. F., & Williams, E. S. (2001). Interspecific comparisons of sylvatic plague on prairie dogs. *Journal of Mammalogy*, 82(4), 894-905.
- Cunningham, A. A., & Daszak, P. (1998). Extinction of a species of land snail due to infection with a microsporidian Parasite. *Conservation Biology*, 12, 1139-1144.
- Dana, M., Hawley, D. M., & Altizer, S. M. (2011). Disease ecology meets ecological immunology: understanding the links between organismal immunity and infection dynamics in natural populations. *Functional Ecology*, 25, 48-60.
- Daszak, P., & Cunningham, A. A. (1999). Extinction by infection. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(7), 279.
- Daszak, P., & Cunningham, A. A. (2000). More on the ecological impact of fungal infections on wildlife populations. *Parasitology Today*, 16(9), 404-405.
- Daszak, P., Cunningham, A. A., & Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife-threats to biodiversity and human health. *Science*, 287(5452), 443-449.
- Davis, W. P. (2003). An historical perspective from the Green Revolution to the Gene Revolution. *Nutrition Reviews*, 61(6), S124-S134.
- De Castro, F., & Bolker, B. (2005). Mechanisms of disease-induced extinction. *Ecology Letters*, 8(1), 117-126.
- De Swart, R. L., Ross, P. S., Vedder, L. J., Timmerman, H. H., Heisterkamp, S. H., & Van Loveren, H. (1994). Impairment of immune function in harbor seals (*Phoca vitulina*) feeding on fish from polluted waters. *Ambio*, 23, 155-159.
- Deal, B., Farello, C., Lancaster, M., Kompare, T., & Hannon, B. (2004). A dynamic model of the spatial spread of an infectious disease: the case of fox rabies in Illinois. En R. Costanza & A. Voinov (Eds.), *Landscape Simulation Modeling* (pp. 275-300). New York: Springer.
- Defler, T. R. (2004). *Primates of Colombia.* Bogotá: Conservación Internacional.
- Dell'Omo G. (Ed.). (2002). *Behavioural Ecotoxicology.* Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Departamento Nacional de Planeación, B. (2004). *Consejo Nacional de Política Económica y Social Repú-*

- blica de Colombia (CONPES). 2004. *Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá. Documento Conpes 3320*. Sin publicar, Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación, (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014*. República de Colombia, Bogotá.
- Di Giulio, T., & Tillitt, D. E. (1999). *Reproductive and developmental effects of contaminants in oviparous vertebrates*. Paper presented at the SETAC Pellston Workshop on Reproductive and Developmental Effects of Contaminants in Oviparous Vertebrates, Montana.
- Dietz, J. M., Dietz, L. A., & Nagagata, E. Y. (1994). The effective use of flagship species for conservation of biodiversity: The example of lion tamarins in Brazil. En P. S. Olney, G. M. Mace & A. T. C. Feistner (Eds.), *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals* (pp. 32-49). London: Chapman & Hall.
- Dietz, R., Heide-Jørgenson, M. P., & Härkönen, T. (1989). Mass death of harbour seals *Phoca vitulina* in Europe. *Ambio*, 18(258-264).
- Ditchkoff, S. S., Saalfeld, S. T., & Gibson, C. J. (2006). Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. *Urban Ecosystems*, 9, 5-12.
- Drews, C. (Ed.). (1999). *Rescate de fauna en el neotrópico*: Editorial EUNA.-Costa Rica.
- Durán, C., Lozano, I., Zangen, S., Rojas, S., Suárez, C., Pereira Bengoa, V., et al. (2000). *Distribución Altitudinal de las Especies de Fauna Silvestre Recibidas en el Centro de Recepción y Rehabilitación de Fauna Silvestre del DAMA*.
- Ebert, D. (2005). *Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in Daphnia*, Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=Books>.
- Edwards, T. M., Moore, B. C., & Guillette, L. J. (2006). Reproductive dysgenesis in wildlife: a comparative view. *International Journal of Andrology*, 29(1), 109-121.
- Eizirik, E., Indrusiak, C. B., & Johnson, W. E. (2002). Análisis en la viabilidad de las poblaciones de jaguar: evaluación de parámetros y estudios de caso en tres poblaciones remanentes del sur de Sudamérica. En R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. B. Chetkiewi-
cz, P. G. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. H. Redford, et al. (Eds.), *El Jaguar en el Nuevo Milenio* (pp. 501-518). México: Fondo de Cultura Económica/ Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society.
- Elliott, J. E., Bishop, C. A., & Morrissey, C. A. (Eds.). (2011). *Wildlife Ecotoxicology: Forensic Approaches*. New York: Springer.
- Ellstrand, N. C. (2001). When transgenes wander, should we worry? *Plant Physiology*. 125, 1543-1545.
- Endröczy E. (1991). *Stress and adaptation*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- EPA. (1997). *Ecological Risk Assessment guidance for superfund: process for designing and conducting Eco-logical Risk Assessment (ERAGS)*. USA: EPA.
- Erami, M., & Garner, H. (2008). A tale of two citations Are scientists publishing more duplicate papers? An automated search of seven million biomedical abstracts suggests that they are. *Nature*, 451:397-399.
- Erwin, J., Maple, T. L., & Mitchell, G. (1979). *Captivity and Behavior*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Eslava-Mocha, P. R., Ramírez-Duarte, W. F., & Rondón-Barragán, I. S. (2007). *Sobre los efectos del glifosato y sus mezclas: impacto en peces nativos*: Universidad de los Llanos, Colombia.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Posingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2-4), 369-386.
- Etter, A., & van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *AMBIO*, 29(7), 432-439.
- Evensen DT: (2008). Wildlife disease can put conservation at risk. *Nature*, 452: 282.
- Fang, T. G., Bodmer, R. E., Aquino, R., & Valqui, M. H. (Eds.). (1997). *Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía*. Bolivia: UNAP/Universidad de Florida/ UNDP-GEF/Instituto de Ecología/OFAVIM.
- Fang, T. G., Montenegro, O. L., & Bodmer, R. E. (Eds.). (1999). *Manejo y Conservación de la Fauna en América Latina*. Bolivia: Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado/Universidad de Florida/ Instituto de Ecología/WCS.

- FAO. (2011). Situación de los bosques del mundo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Farm Animal Welfare Council (FAWC). *Five freedoms*. Consultado en Marzo de 2008. Disponible en: <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>.
- FEDEGAN. (2006). *Plan Estratégico para la Ganadería Colombiana 2019: Por Una Ganadería Moderna y Solidaria*. Bogotá.
- Feinsinger, P. (1997). Essay 9A: Habitat "Shredding". En P. J. S. Olney, G. M. Mace & A. T. C. Fesitner (Eds.), *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals* (pp. 270-272): Chapman & Hall.
- Ferris, D. H. (1967). Epizootiology. *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*, 11, 261-320.
- Festa-Bianchet, M., & Apollonio, M. (Eds.). (2003). *Animal behavior and wildlife conservation*: Washington: Island Press.
- Fevre, E. M., Bronsvoort, B. M., Hamilton, K. A., & Cleaveland, S. (2006). Animal movements and the spread of infectious diseases. *Trends in Microbiology*, 14(3), 125-131.
- Fisher, M. C. (2007). Potential interactions between amphibian immunity, infectious disease and climate change. *Animal Conservation*, 420(10), 420-421.
- Fisher, R., & Uri, W. (1984). *Obtenga el sí: el arte de negociar sin ceder*. México: Editora Continental de CV.
- Foley, J. A., Clifford, D., Castle, K., Cryan, P., & Ostfeld, R. S. (2011). Investigating and managing the rapid emergence of white-nose syndrome, a novel, fatal, infectious disease of hibernating bats. *Conservation Biology*, 25(2):223-231.
- Forterre, P. (2010). Defining Life: The Virus Viewpoint. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 40, 151-160.
- Fowler, M. (2008). *Restraint and Handling of Wild and Domestic Animals* (Third Edition): Blackwell Publishing.
- Fowler, M., & Cubas, Z. S. (Eds.). (2001). *Biology, Medicine, and Surgery of South American Wild Animals*. Ames: Iowa State University Press.
- Fox, M. W. (2005). Interrelationships between mental and physical health: the mind-body connection. En F. D. McMillan (Ed.), *Mental Health and Well-being in Animals* (pp. 113-125). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Franke, J., & Telecky, T. M. (2001). *Reptiles as Pets: An Examination of the Trade in Live Reptiles in the United States*. USA: The Humane Society of the United States.
- Frick, W. F., Pollock, J. F., Hicks, A. C., Langwig, K. E., Reynolds, D. S., Turner, G. G., et al. (2010). An emerging disease causes regional population collapse of a common North American bat species. *Science*, 329(5992), 679-682.
- Fried, M., Toweill, D. E., Brownell Jr., R. L., Nettles, V. F., Davis, D. S., & Foreyt, W. J. (1996). Guidelines for proper care and use of wildlife in field research. En T. A. Bookhout (Ed.), *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats* (pp. 96-105). USA: The Wildlife Society.
- Furrer, S. C., & Corredor, G. (2008). Conservation of threatened amphibians in Valle del Cauca, Colombia: a cooperative project between Cali Zoological Foundation, Colombia, and Zoo Zurich, Switzerland. *International Zoo Yearbook*, 42, 1-7.
- Fussmann, G. F., Loreau, M., & Abrams, P. A. (2007). Eco-evolutionary dynamics of communities and ecosystems. *Functional Ecology*, 21, 465-477.
- Galuzo, I. G. (1975). Landscape epidemiology (epizootiology). *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*, 19, 73-96.
- Galvin, K. A., Reid, R. S., Behnke Jr., R. H., & Hobbs, N. T. (Eds.). (2007). *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes: Consequences for Human and Natural Systems*. Dordrecht: Springer.
- Garner, J. P. (2005). Stereotypies and other abnormal repetitive behaviors: potential impact on validity, reliability, and replicability of scientific outcomes. *ILAR Journal*, 46, 106-117.
- Garner, J. P. (2006). Perseveration and Stereotypy - Systems-level Insights from Clinical Psychology. En G. Mason & J. Rushen (Eds.), *Stereotypic animal behaviour: fundamentals and applications to welfare* (pp. 121-152). London: CABI.
- Gascoyne, S., Laurenson, M., Lelo, S., & Borner, M. (1993). Rabies in African wild dogs (*Lycaon pictus*) in the Serengeti region, Tanzania. *Journal of Wildlife Diseases*, 29(3), 396-402.

- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2), 143-150.
- Giannini, S. H. (1992). Effects of ultraviolet B irradiation on cutaneous leishmaniasis. *Parasitology Today*, 8(2), 44-48.
- Gibbs, H. K., Ruesch, A. S., Achard, F., Clayton, M. K., Holmgren, P., Ramankutty, N., et al. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (38), 16732-16737.
- Gilbert, K. (1994). Parasitic infection in red howling monkeys in forest fragments. *Neotropical Primates*, 2(2), 10-11.
- Gill, J. A. (2007). Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis*, 149(S1), 9-14.
- Gillin, C. M., Tabor, G. M., & Aguirre, A. A. (2002). Ecological health and wildlife disease management in National Parks. En A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, T. G. M., C. House & M. C. Pearl (Eds.), *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice* (pp. 253-264). USA: Oxford University Press.
- Goldberg, T. L., Gillespie, T. R., Rwego, I. B., Estoff, I. L., & Chapman, C. A. (2008). Forest fragmentation as cause of bacterial transmission among nonhuman primates, humans, and livestock, Uganda. *Emerging Infectious Diseases*, 14(9), 1375-1382.
- Gómez, D. P. (1998). *Situación actual del Cisthotorus apolinari (pájaro chirriador) y diseño de un Plan de Acción para su Conservación y Manejo en la Sabana de Bogotá*. Universidad de La Salle, Bogotá.
- Gonyou, H. W. (1994). Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare Issue. *Journal of Animal Science*, 72, 2171-21377.
- González, L. M., Arroyo, B. E., Margalida, A., Sánchez, R., & Oria, J. (2006). Effect of human activities on the behaviour of breeding Spanish imperial eagles (*Aquila adalberti*): management implications for the conservation of a threatened species. *Animal Conservation*, 9(1), 85-93.
- González Origel, A. (2009). *La importancia de la Vigilancia Epidemiológica en la Fauna Silvestre, aspectos sanitarios respecto a enfermedades bajo campaña, Ponencia en 17*. Paper presented at the Reunión Anual CONASA, Puebla, México.
- González Mantilla, J. F. (2011). Principios de Toxicología Veterinaria. Colombia: Laboratorios Erma.
- Goodall, J. (2006). *The chimpanzees of Gombe: patterns of behavior*. Cambridge: Belknap Harvard.
- Gosling, M. L. (2003). Adaptive behavior and population viability. En M. Festa-Bianchet & M. Apollonio (Eds.), *Animal behavior and wildlife conservation* (pp. 13-30). Washington: Island Press.
- Gouteux, B., Muir, D. C. G., Backus, S., Born, E. W., Dietz, R., Haug, T., et al. (2008). Toxaphene in minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) from the North Atlantic. *Environmental Pollution*, 153, 71-83.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC. (2002). *Documento técnico V: Cambio climático y biodiversidad: IPCC-OMM-PNUMA*.
- Guiserix, M., Bahi-Jaber, N., Fouchet, D., Sauvage, F., & Pontier, D. (2007). The canine distemper epidemic in Serengeti: are lions victims of a new highly virulent canine distemper virus strain, or is pathogen circulation stochasticity to blame?. *Journal of The Royal Society Interface* 4 (17), 1127-1134.
- Gulland, F. M. D. (1995). The impact of infectious diseases on wild animal population -a review. En B. T. Grenfell & A. P. Dobson (Eds.), *Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations* (pp 20-51). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gutiérrez, F. (2006). *Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Bogotá, D.C. - Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hall, A. J., Jepson, P. D., Goodman, S. J., & Härkönen, T. (2006). Phocine distemper virus in the North and European Seas - Data and models, nature and nurture. *Biological Conservation*, 131(2), 221-229.
- Handelsman, J., (2004). Metagenomics: Application of genomics to uncultured microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68, 669-685.
- Hart, P. C., Bergner, C. L., Dufour, B. D., Smolinsky, A. N., Egan, R. J., LaPorte, J. L., et al. (2010). Analysis of abnormal repetitive behaviors in experimental animal models. En J. E. Warnick & A. V. Kauleff (Eds.),

- Translational neuroscience and its advancement of animal research ethics* (pp. 71-82): Nova Science Publishers, Inc.
- Hartley, M., & Gill, E. (2010). Assessment and mitigation processes for disease risk associated with wildlife management and conservation interventions. *Veterinary Record*, 166(16), 487-490.
- Hastings, B. E., Kenny, D., Lowenstine, L. J., & Foster, J. W. (1991). *Mountain gorillas and measles: ontogeny of a wildlife vaccination program*. Paper presented at the *Proceedings of the annual meeting of the American Association of Zoo Veterinarians*.
- Hawkins, C. E., Baars, C., Hesterman, H., Hocking, G. J., Jones, M. E., Lazenby, B., et al. (2006). Emerging disease and population decline of an island endemic, the Tasmanian devil *Sarcophilus harrisii*. *Biological Conservation*, 131(2), 307-324.
- Hawkins, M. G. (2006). The Use of Analgesics in Birds, Reptiles, and Small Exotic Mammals. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 15(3), 177-192.
- Hayes, T. B., Case, P., Chui, S., Chung, D., Haeffele, C., Haston, K., et al. (2006). Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact?. *Environmental Health Perspectives*, 114 Suppl 1, 40-50.
- Hediger, H. (1950). *Wild Animals and Captivity: An outline of the biology of zoological gardens*. London: Butterworths.
- Hediger, H. (1955). *Studies of the Psychology and Behaviour of Captive animals in Zoos and Circuses*. London: Butterworth's Scientific Publications.
- Heron, W. (1957). The pathology of boredom. *Scientific American*, 196, 52-56.
- Hill, A. B. (1965). The environment and disease: association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58, 295-300.
- Hilty-Taylor, C. (Ed.). (2000). *The 2000 IUCN Red List of Threatened Species*. Switzerland and Cambridge: IUCN.
- Hobbs, N. T., Reid, R. S., Galvin, K. A., & Ellis, J. E. (2007). Fragmentation of arid and semiarid ecosystems: implications for people and animals. En K. A. Galvin, R. S. Reid, R. H. Behnke, & N. T. Hobbs, (Eds). *Fragmentation in semi-arid and arid landscapes: consequences for human and natural systems* (pp. 25-44). Dordrecht: Springer.
- Holzmann, I., Agostini, I., Areta, J. I., Ferreyra, H., Beldomenico, P., & Di Bitetti, M. S. (2010). Impact of yellow fever outbreaks on two howler monkey species (*Alouatta guariba clamitans* and *A. caraya*) in Misiones, Argentina. *American Journal of Primatology*, 72(6), 475-480.
- Honess, P. E., & Marin, C. M. (2006). Enrichment and aggression in primates. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30, 413-436.
- Horne, J. S., & Garton, E. O. (2006). Selecting the best home range model: an information-theoretic approach. *Ecology Letters*, 87, 1146-1152.
- Horne, J. S., Garton, E. O., Krone, S. M., & Lewis, J. S. (2007). Analyzing animal movements using brownian bridges. *Ecology*, 88, 2354-2363.
- Horne, J. S., Garton, E. O., & Rachlow, J. L. (2008). A synoptic model of animal space use: Simultaneous estimation of home range, habitat selection, and inter/intra-specific relationships. *Ecological Modelling*, 214, 338-348.
- Hudson, P. (2005). Parasites, diversity and the Ecosystem. En F. Thomas, F. Renaud & J. F. Guégan (Eds.), *Parasitism and Ecosystems* (pp. 1-12). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hudson, P., Rizzoli, A., Grenfell, B., Heesterbeek, H., & Dobson, A. (Eds.). (2002). *The Ecology of Wildlife Diseases*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hughes, J., Goudkamp, K., Hurwood, D., Hancock, M., & Bunn, S. (2003). Translocation causes extinction of a local population of the freshwater shrimp *Paratya australiensis*. *Conservation Biology*, 17, 1007-1012.
- Hugues, K. (2003). The Global Positioning System, Geographical Information Systems and Remote Sensing. En J. M. Setchell & D. J. Curtis (Eds.), *Field and Laboratory Methods in Primatology: A Practical Guide* (pp. 57-73). Cambridge: Cambridge University Press.
- IDEAM. (2001). *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Colombia.
- IGAC. (1998). *Atlas de Colombia. CD-ROM Versión 1*.

- IGAC. (1999). *Magna: Marco Geocéntrico de Referencia Nacional*. Bogotá DC.: Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Cartografía, División de Geodesia.
- IGAC/IAVH. (2006). *Elementos para la Incorporación de la Biodiversidad en los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi/Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ilyas, M. (Ed.). (1991). *Ozone Depletion: Implications for the Tropics*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Instituto Alexander von Humboldt- IAvH. (2005). *Especies invasoras de Colombia*. Bogotá, D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2004). De www.ideam.gov.co.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC. (2002). *Documento técnico V: Cambio climático y biodiversidad*, De www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2007). *Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report*, De [//www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm](http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm).
- IUCN. (2002). *IUCN Guidelines for the Placement of Confiscated Animals*. Gland, Suiza: Species Survival Commission of the IUCN - The World Conservation Union.
- IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG). (2000). *Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species. Approved by the 51st Meeting of the IUCN Council*. Gland Switzerland.
- Jayson, E. A., Sivaperuman, C., & Padmanabhan, P. (2006). Review of the reintroduction programme of the Mugger crocodile *Crocodylus palustris* in Neyyar Reservoir, India. *Herpetological Journal*, 16, 69-76.
- Jessup, D. A., Boyce, W. M., & Clarke, R. K. (1991). Diseases shared by wild, exotic and domestic sheep. En L. A. Renecker & R. J. Hudson (Eds.), *Wildlife Production: Conservation and Sustainable Development* (pp. 438-445). Fairbanks, AL: University of Alaska.
- Jiménez, I., & Cadena, C. D. (2004). Por qué no liberar animales silvestres decomisados. *Ornitología Colombiana*, 2, 53-57.
- Jobling, S., & Tyler, C. R. (2006). Introduction: The Ecological Relevance of Chemically Induced Endocrine Disruption in Wildlife. *Environmental Health Perspectives*, 114(S-1), 7-8.
- Johnson, M., Boyd, D., & Pletscher, D. (1994). Serologic investigations of canine parvovirus and canine distemper in relation to wolf (*Canis lupus*) pup mortalities. *Journal of Wildlife Diseases*, 30(2), 270-273.
- Johnson, P. T. J., Dobson, A., Lafferty, K. D., Marcogliese, D. J., Memmott, J., Orlofske, S. A., et al. (2010). When parasites become prey: ecological and epidemiological significance of eating parasites. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 362-371.
- Johnson-Delaney, C. A. (1996). Reptile zoonoses and threats to public health. En D. Mader (Ed.), *Reptile Medicine and Surgery* (pp. 20-33). USA: Saunders Co.
- Jolles, A. E., Ezenwa, V. O., Etienne, R. S., Turner, W. C., & Olf, H. (2008). Interactions between macroparasites and microparasites drive infection patterns in free-ranging African buffalo. *Ecology*, 89, 2239-2250.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., et al. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993.
- Jørgensen, E. S. (2010). Introduction. En: S. E. Jørgensen (Ed.), *Ecotoxicology* (pp. 3-11). Italy: Elsevier.
- Kaimowitz, B., Wunder, S., & Pacheco, P. (2004). *Ham-burger Connection Fuels Amazon Destruction: Cattle ranching and deforestation in Brazil's Amazon*. Jakarta: Centre for International Forestry Research (CIFOR).
- Kaiser, J. (2003). Ebola, hunting push ape populations to the brink. *Science*, 300 (5617), 232.
- Kalin, N. H., Shelton, S. E., Rickman, M., & Davidson, R. J. (1998). Individual differences in freezing and

- cortisol in infant and mother rhesus monkeys. *Behav. Neurosci.*, 112, 251-254.
- Kaplan, B., Kahn, L. H., & Monath, T. P. (2009). One Health - One Medicine': linking human, animal and environmental health ("Una sola salute - Una sola medicina" per l'uomo, per l'animale e per l'ambiente). *Veterinaria Italiana*, 45(1), 1-211.
- Karesh, W. B. (1999). Applications of biotelemetry in wildlife medicine. En M. Fowler & R. E. Miller (Eds.), *Zoo and Wildlife Medicine. Current Therapy* (pp. 7-13). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Kats, L. B., & Ferrer, R. P. (2003). Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions*, 9, 99-110.
- Kay, J., Regier, H., Boyle, M., & Francis, G. (1999). An Ecosystem Approach for Sustainability: Addressing the Challenge of Complexity. *Futures*, 31(7), 721-742.
- Keddy, P. A. (1992). Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetative Science*, 3, 157-164.
- Keesing, F., Belden, L. K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C. D., Holt, R. D., et al. (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468(7324), 647-652.
- Keller, I., & Largiadèr, C. R. (2003). Recent habitat fragmentation due to major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proceedings of The Royal Society of London Series B*, 270, 417-423.
- Kellert, S. R. (2007). Valores de la naturaleza. En J. Kwiatkowska & J. Issa (Eds.), *Los caminos de la ética ambiental* (pp. 61-83). México: Plaza y Valdés Editores.
- Kendall, R., Dickerson, R., Giesy, J., & Suk, W. (1998). *Principles and Processes for Evaluating Endocrine Disruption in Wildlife*. Paper presented at the Proceedings from Principles and Processes for Evaluating Endocrine Disruption in Wildlife, Kaiwah Island SC. Pensacola FL.
- Kernohan, B. J., Gitzen, R. A., & Millspaugh, J. J. (2001). Analysis of animal space use and movements. En J. J. Millspaugh & J. M. Marzluff (Eds.), *Radio tracking and animal populations* (pp. 125-166). New York: Academic Press.
- Khoury, M. J., Little, J., Gwinn, M., & Ioannidis, J. P. A. (2007). On the synthesis and interpretation of consistent but weak gene-disease associations in the era of genome-wide association studies. *International Journal of Epidemiology*, 36, 439-445.
- Kickert, R. N., Tonella, G., Simonov, A., & Krupa, S. V. (1999). Predictive modeling of effects under global change. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 87-132.
- Kight, C. R., & Swaddle, J. P. (2011). How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology Letters*, 14, 1052-1061.
- Kirkwood, J. K., & Sainsbury, A. W. (1996). Ethics of interventions for the welfare of free-living wild animals. *Animal Welfare*, 5, 235-243.
- Koch, E. (1996). Orphan elephants go on the rampage. *New Scientist*, 2039, 55.
- Kock, R., Wambua, J., Rossiter, R., Wamwayi, H., Kock, N., & Wambua, E. (1995). *Rinderpeste in wildlife in Tsavo National Park, Kenya*. Paper presented at the Proceedings of the Joint Conference of AAZPAA, WDA and AAWV, Lansing, Michigan.
- Kock, R., Woodford, M. H., & Rossiter, P. B. (2010). Riesgos sanitarios ligados con la traslocación de animales salvajes. *Revista Científica y Técnica*, 29(2), 329-350.
- Kock, R. A., Soorae, P. S., & Mohammed, O. B. (2007). Role of veterinarians in re-introductions. *International Zoo Yearbook*, 41(1), 24-37.
- Koh, L. P., & Wilcove, D. S. (2007). Cashing in palm oil for conservation. *Nature*, 448(7157), 993-994.
- Komar, N., & Clark, G. (2006). West Nile virus activity in Latin America and the Caribbean. *Revista de Panamá de Salud Pública*, 19, 112-117.
- Komatina, M. M. (2004). *Medical Geology: Effects of Geological Environments on Human Health (Developments in Earth and Environmental Sciences)* (Vol. 2). Oxford, UK: Elsevier Science.
- Koolhaas, J. M., Korte, S. M., De Boer, S. F., Van Der Veegt, B. J., Van Reenen, C. G., Hopster, H., et al. (1999). Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23, 925-935.
- Kreimer, P. (2006). ¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la nueva visión internacional del trabajo. *Revista Nomadas (Universidad Central, Colombia)*, 26, 199-212.

- Kreimer, P., & Zabala, J. (2007). Producción de conocimientos científicos y problemas sociales en países en desarrollo. *Revista Nomadas (Universidad Central, Colombia)*, 27, 110-120.
- Kruse, H., Kirkemo, A. M., & Handeland, K. (2004). Wildlife as source of zoonotic infections. *Emerging Infectious Diseases*, 10(12), 2067-2072.
- Kuenzi, A. J., Morrison, M. L., Madhav, N. K., & Mills, J. N. (2007). Brush mouse (*Peromyscus boylii*) population dynamics and hantavirus infection during a warm, drought period in southern Arizona. *Journal of Wildlife Diseases*, 43(4), 675-683.
- Kuiken, T., Leighton, F. A., Fouchier, R. A. M., LeDuc, J. W., Peiris, J. S. M., Schudel, A., et al. (2005). Pathogen surveillance in animals. *Science*, 309, 1680-1681.
- Kuris, A. M., Hechinger, R. F., Shaw, J. C., Whitney, K. L., Aguirre-Macedo, L., Boch, C. A., et al. (2008). Ecosystem energetic implications of parasite and free-living biomass in three estuaries. *Nature*, 454, 514-518.
- La Marca, E., Lips, K. R., Lötters, S., Puschendorf, R., Ibáñez, R., Rueda-Almonacid, J. V., et al. (2005). Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica*, 37(2), 190-201.
- Lacher, T. E., Bickham, J. W., Gascon, C., Green, R. E., Moore, R. D., & Mora, M. (2010). Impacts of contaminants and pesticides on biodiversity and ecosystem structure and function. In R. Kendall, T. E. Lacher, A. R. Cook & N. A. Cox (Eds.), *Wildlife Ecotoxicology: Emerging Contaminants and Biodiversity Issues* (pp. 111-146). Boca Raton: CPC Press.
- Lafferty, K. D., & Gerber, L. R. (2002). Good medicine for conservation biology: the intersection of epidemiology and conservation theory. *Conservation Biology*, 16, 593-604.
- Landsberg, J. H., Balazs, G. H., Steidinger, K. A., Baden, D. G., Work, T. H., & Russel, D. J. (1999). The potential role of natural tumor promoters in marine turtle fibropapillomatosis. *Journal of Aquatic Animal Health*, 11, 199-210.
- Lax, D., & Sebenius, J. (1986). *The manager as negotiator*. USA: The Free Press.
- Leguizamón, N., & Estrada, G. E. (2004). El CRRFS y su papel en el manejo y la conservación de especies silvestres. *Conservación ex situ: Investigación para el manejo en cautiverio y conservación de la fauna silvestre*, 1, 7-11.
- Lehner, P. N. (1998). *Handbook of Ethological Methods* (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Leroy, E. M., Rouquet, P., Formenty, P., Souquière, S., Kilbourne, A., Froment, J.-M., et al. (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science*, 303 (5656), 387-390.
- Leydesdorff, L., & Rafols, I. (2009). A Global Map of Science Based on the ISI Subject Categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(2), 348-362.
- Lindenmayer, D. B., Clark, T. W., Lacy, R. C., & Thomas, V. C. (1993). Population viability analysis as a tool in wildlife conservation policy: with reference to Australia. *Environmental Management*, 17, 745-758.
- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2006). *Habitat Fragmentation and Landscape Change: an Ecological and Conservation Synthesis*. Washington: Island Press.
- Lips, K. R., Brem, F., Brenes, R., Reeve, J. D., Alford, R. A., Voyles, J., et al. (2006). Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(9), 3165-3170.
- Liu, J., Xiao, H., Lei, F., Zhu, Q., Qin, K., Zhang, X. W., et al. (2005). Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds. *Science*, 309(5738), 1206.
- Lizarralde, M. S., & Venegas, C. (2001). Recuadro VII.2^a. El Castor: Un ingeniero exótico en las tierras más australes de planeta. En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (Eds.), *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas* (pp. 231-232). México: Fondo de Cultura Económica.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., et al. (2001). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294, 804-808.

- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más Dañinas del Mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Disponible en: http://www.issg.org/database/species/reference_files/100Spanish.pdf
- Lumsden, J. H. (2006). Chapter 2. Reference values. En B. F. Fieldman, J. G. Zinkl & N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology* (pp. 12-15). Denmark: Blackwell Publishing Ltd.
- Macdonald, R. W., Barrie, L. A., Bidleman, T. F., Diamond, M. L., Gregor, D. J., Semkin, R. G., et al. (2000). Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *The Science of the Total Environment*, 254, 93-234.
- Mahner, M., & Bunge, M. (1997). *Foundations of Biophilosophy*. Berlin: Springer-Verlag.
- Manuelidis, L., Yu, Z. X., Barquero, N., Banquero, N., & Mullins, B. (2007). Cells infected with scrapie and Creutzfeldt-Jakob disease agents produce intracellular 25-nm virus-like particles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 1965-1970.
- Markowitz, H. (1982). *Behavioral Enrichment in the Zoo*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Márquez, G. (2000). Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 5, 33-49.
- Marsh, L. K. (2003a). The nature of fragmentation. En L. K. Marsh (Ed.), *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. (pp. 1-10). New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers.
- Marsh, L. K. (Ed.). (2003b). *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Martin, P., & Bateson, P. (1986). *Measuring Behaviour: an Introductory Guide*. UK: Cambridge University Press.
- Martínez Torres, H. (2007). *El programa de biocombustibles en Colombia*. Disponible en: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/biocombustibles_en_colombia__cartagena_septiembre_7_2007minas.pdf.
- Martínez-Gómez, J., Gómez-Posada, C., Giraldo, P., & Kattan, G. (2010). Patrón de actividad y dieta del mono aullador rojo en un bosque andino. En V. Pereira-Bengoa, P. R. Stevenson, M. L. Bueno & F. Nassar-Montoya (Eds.), *Primatología en Colombia: Avances al Principio del Milenio* (pp. 57-67). Bogotá: Fundación Universitaria San Martín/ACP/Universidad de los Andes.
- Martins, C. I. M., Galhardo, L., Noble, C., Damsgard, B., Spedicato, M. T., Zupa, W., et al. (2011). *Behavioural indicators of welfare in farmed fish*, Publicado en línea 28 Julio 2011.
- Mason, G., & Rushen, J. (Eds.). (2006). *Stereotypic animal behaviour: fundamentals and applications to welfare* (Second Edition). London: CABI.
- May, R. M., & Anderson, R. M. (1978). Regulation and stability of host-parasite population interactions. II. Destabilising processes. *Journal of Animal Ecology*, 47, 249-267.
- Mayes, J. (2003). Monitoring local weather and climate. En J. M. Setchell & D. J. Curtis (Eds.), *Field and Laboratory Methods in Primatology: A Practical Guide* (pp. 74-89). Cambridge: Cambridge University Press.
- McCallum, H. (2008). Tasmanian devil facial tumour disease: lessons for conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(11), 631-637.
- McCallum, H., & Dobson, A. (1995). Detecting disease and parasite threats to endangered species and ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(5), 190-194.
- McCullough, D. R. (1982). Behavior, bears and humans. *Wildlife Society Bulletin*, 10, 27-33.
- McFarland, D. (1987). Dominance. En D. McFarland (Ed.), *The Oxford companion to animal behaviour* (pp. 139). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Mech, L. D., Goyal, S. M., Paul, W. J., & Newton, W. E. (2008). Demographic effects of canine parvovirus on a free-ranging wolf population over 30 years. *Journal of Wildlife Diseases*, 44(4), 824-836.
- Meffe, G. K., Carroll, C. R., & Pimm, S. L. (1997). Community and ecosystem level conservation: species interactions, disturbance regimes, and invading species. En G. K. Meffe, C. R. Carroll & Contributors

- (Eds.), *Principles of Conservation Biology* (Second Edition, pp. 235-268). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Mellor, F. (2003). Between Fact and Fiction: Demarcating science from non-science in popular physics Books. *Social Studies of Science*, 33(4), 509-538.
- Mendelson III, J. R., K. R., Gagliardo, R. W., Rabb, G. B., Collins, J. P., Diffendorfer, J. E., et al. (2006). Biodiversity. Confronting amphibian declines and extinctions. *Science*, 313(5783), 48.
- Miller, L. J., Kuczaj, S., & Herzing, D. (2011). Stereotypic behavior in wild marine carnivores? *Zoo Biology*, 30(4), 365-370.
- Miller, P., Lacy, R., Pollak, J. P., & Bright, P. (2003). Outbreak: A model of Wildlife Disease epidemiology and its Impacts on Population Viability. En D. R. Armstrong, R. Jakob-Hoff & U. Seal (Eds.), *Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN). Movimientos de Animales y Riesgo de Enfermedad: Libro de Trabajo*. Apple Valley, USA: CBSG.
- Miller, P. S. (2007). Tools and techniques for disease risk assessment in threatened wildlife conservation programmes. *International Zoo Yearbook*, 41(1), 38-51.
- Miller, R. E., & Fowler, M. (2012). *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine, Current Therapy* (Vol. 7). Sant Louis: Elsevier Saunders.
- Mills, D. S. (2003). Medical paradigms for the study of problem behaviour: A critical review. *Applied Animal Behavior Science*, 8, 265-277.
- Mills, D. S., Marchant-Forde, J. N., McGreevy, P. D., Morton, D. B., Nicol, C. J., Phillips, C. J. C., et al. (Eds.). (2010). *The Encyclopedia of Applied Animal Behaviour and Welfare*. United Kingdom: CABI.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Resolución No 848 de 23 de mayo de 2008. Por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). *Resolución No 207 de 3 de febrero de 2010. Por la cual se adiciona el listado de especies exóticas invasoras declaradas por el artículo primero de la Resolución 848 de 2008 y se toman otras determinaciones*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). *Resolución número 2064 del 21 de octubre de 2010 Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones*. Bogotá.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2002). *Resolución 1233 de 2002. Colombia. Por la cual se modifica el Acuerdo 0042 del 9 de agosto de 1991 expedido por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, y se adoptan otras determinaciones*.
- Ministerio de Medio Ambiente de Colombia-MMA. (Sin fecha). *Centros Regionales para el Manejo de Especímenes de Fauna Silvestre Decomisados. Elementos Técnicos para su Diseño y Construcción. Protocolos para el Manejo y Disposición de Animales post Decomiso*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia-MMA. (1998). *Gestión Ambiental Para la Fauna Silvestre en Colombia: Marco Político*. Bogotá.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia-MMA. (2002). *Estrategia Nacional para la Prevención y Control del Tráfico Ilegal de Especies Silvestres*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- Mitchell, B. R. (2006). *Comparison of programs for fixed kernel home range analysis*. Disponible en: <http://www.wildlife.org/wg/gis/newsletter/jun06/hr-compar.htm>.
- Mitchell, S. D., & Dietrich, M. R. (2006). Integration without unification: an argument for pluralism in the biological sciences. *The American Naturalist*, 168 (Supplement), S73-S79.
- Morgan, K. N., & Tromborg, K. N. (2007). Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 262-302.
- Moritz, C. (1999). Conservation units and translocations: strategies for conserving evolutionary processes. *Hereditas*, 130, 217-228.
- Morrison, M. L., Strickland, M. D., Block, W. M., Peterson, M. J., & Collier, B. A. (2008). *Wildlife Study De-*

- sign* (Second Edition). New York: Springer Series on Environmental Management.
- Morse, S. S. (1995). Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerging Infectious Diseases*, 1, 7-15.
- Morton, D. C., DeFries, R. S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., Espirito-Santo, F. B., *et al.* (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of National Academy of Science*, 103(39), 14637-14641.
- Mouthon Bello, A. F., Blanco Barros, A. R., Acevedo, G. A., & Miller, J. (Eds.). (2002). *Manual de Evaluación de Estudios Ambientales: Criterios y Procedimientos*. Ministerio del Medio Ambiente y Convenio Andrés Bello. Bogotá.
- Moutou, F., & Pastoret, P. P. (2010). Definir una especie invasora. *Revista Científica y Técnica*, 29(1), 47-56.
- Munster, V. J., & Fouchier, R. A. M. (2009). Avian influenza virus: of virus and bird ecology. *Vaccine*, 27, 6340-6344.
- Murchison, E. P., Tovar, C., Hsu, A., Bender, H. S., Kheradpour, P., Rebbeck, C. A., *et al.* (2010). The Tasmanian devil transcriptome reveals Schwann cell origins of a clonally transmissible cancer. *Science*, 327 (5961), 84-87.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2), 58-62.
- Murgia, C., Pritchard, J. K., Yeon Kim, S., Fassati, A., & Weiss, R. A. (2006). Clonal Origin and Evolution of a Transmissible Cancer. *Cell*, 126, 477-487.
- Nabavizadeh, F., Vahedian, M., Sahraei, H., Adeli, S., & Salimi, E. (2011). Physical and psychological stress have similar effects on gastric acid and pepsin secretions in rat. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(2), 164-174.
- Naciones Unidas Oficina contra la Droga y el Delito, & Gobierno de Colombia. (2005). *Análisis multitemporal de cultivos de coca en el Sistema de Parques Nacionales Naturales: periodo 2001-2004*.
- Nadeau, M. S., Mack, C., Holyan, J., Husseman, J., Lucid, M., Thomas, B., *et al.* (2008). *Wolf conservation and management in Idaho; progress report 2007*. Lapwai, Idaho: Idaho Department of Fish and Game.
- Nakamura, S., Maeda, N., Miron, I. M., Yoh, M., Izutsu, K., Kataoka, C., *et al.* (2008). Metagenomic diagnosis of bacterial infections. *Emerging Infectious Diseases*, 14., 1784-1786.
- Nassar-Montoya, F. (1999). La liberación como una alternativa técnica para el manejo y disposición de animales silvestres. En C. Drews (Ed.), *Rescate de Fauna en el Neotrópico* (pp. 451-463). Heredia: Editorial Universidad Nacional.
- Nassar-Montoya, F., & Crane, R. (Eds.). (2000). *Actitudes Hacia la Fauna en Latinoamérica*. Bogotá: HSI/HSP & Centro de Primatología Aruatos.
- Nassar-Montoya, F., Pereira-Bengoa, V., & Vodovoz, T. (2003). Medicina de la conservación en el estudio de las poblaciones naturales de primates en Colombia. En V. Pereira-Bengoa, F. Nassar-Montoya, A. Savage & Contribuidores (Eds.), *Primatología del Nuevo Mundo: Biología, Medicina, Manejo y Conservación* (pp. 239-252). Bogotá: Centro de Primatología Aruatos Ltda.
- National Climatic Data Center. (2004). *Global Warming. National Climate Data Center, Asheville, USA*, De www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html.
- National Sciences Foundation USA. (Sin fecha). *Field of Science and Engineering Codes and Definition*. Disponible en: http://www.nsf.gov/statistics/fedsupport/method/survmats/instruct/part_i/fieldtab.htm.
- Nazar, F. N., & Marin, R. H. (2011). Chronic stress and environmental enrichment as opposite factors affecting the immune response in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Stress*, 14(2), 166-173.
- Nielsen, N. O. (2001). Ecosystem approaches to human health. *Cadernos de Saude Publica*, 17S, 69-75.
- Nijman, V. (2001). Effects of behavioural changes due to habitat disturbance on density estimation of rainforest vertebrates as illustrated by gibbons (Hylobatidae). En P. J. M. Hillegers & H. H. de longh (Eds.), *The balance between biodiversity conservation and the sustainable use of tropical rainforests* (pp. 217-225). Wageningen: Tropenbos Foundation.
- Noss, R. F., & Csutti, B. (1997). Habitat fragmentation. En G. K. Meffe, C. R. Carroll & Contributors (Eds.), *Principles of Conservation Biology* (Second Edition, pp. 269-304). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers.

- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). *The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008*: Institute for Human and Machine Cognition.
- Novaro, A. J., Funes, M. N. C., & Walter, R. S. (2005). An empirical test of source-sink dynamics induced by hunting. *Journal of Applied Ecology*, 42(5), 910-920.
- Novaro, A. J., Redford, K. H., & Bodmer, R. E. (2000). Effect of hunting in source-sink systems in the Neotropics. *Conservation Biology*, 14(3), 713-721.
- Novillo, A., & Ojeda, R. A. (2009). The exotic mammals of Argentina. *Biological Invasions*, DOI 10.1007/s10530-007-9208-8.
- Nunez, J. F., Ferre, P., Escorihuela, R. M., Tobena, A., & Fernandez-Teruel, A. (1996). Effects of post-natal handling of rats on emotional, HPA-axis, and prolactin reactivity to novelty and conflict. *Physiology & Behavior*, 60(5), 1355-1359.
- O'Grady, J. J., Burgman, M. A., Keith, D. A., Master, L. L., Andelman, S. J., Brook, B. W., et al. (2004). Correlations among extinction risks assessed by different systems of threatened species categorization. *Conservation Biology*, 18, 1624-1635.
- O'Brien, S. J. (1994). A role for molecular genetics in biological conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91 (13), 5748-5755.
- Ocean Studies Board (OSB). (2003). *Ocean Noise and Marine Mammals. National Research Council, Division on Earth and Life Studies*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development OCDE. (2002). *Society at a Glance OECD Social Indicators. Panorama de la société, les indicateurs sociaux de l'OCDE*. Paris.
- Organisation for Economic Co-operation and Development OECD. (2007). Revised field of science and technology (FOS) classification in the Frascati manual. Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators. Geneva.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación UNESCO, Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología ICYT. (Sin fecha). Consultado en 2008. Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IED-CYT). Disponible en: http://thes.cindoc.csic.es/index_esp.php.
- Orjuela, J. E., Díaz, O. L., González, P. M., Ortiz, J., & Monroy, W. E. (2007). *Colombia Sanidad Animal*. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- Ostfeld, R. S., & Keesing, F. (2000). Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. *Conservation Biology*, 14(3), 722-728.
- Ostfeld, R. S., Meffe, G. K., & Pearl, M. C. (2002). Conservation medicine; The Birth of another crisis discipline. En A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, G. Tabor, C. House & M. C. Pearl (Eds.), *Conservation Medicine Ecological Health in Practice* (pp. 17-26). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Palmer, A. R., & Strobeck, C. (1986). Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 391-421.
- Palmer, A. R., & Strobeck, C. (2003). Fluctuating-Asymmetry analyses: A step by step example Fluctuating Asymmetry analyses revisited. En M. Polak (Ed.), *Developmental Instability (DI): Causes and Consequences* (pp. 279-319). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Parrish, C. R., O'Connell, P. H., Evermann, J. F., & Carmichael, L. E. (1985). Natural variation of canine parvovirus. *Science*, 230, 1046-1048.
- Patterson, M. E., Montag, J. M., & Williams, D. R. (2003). The urbanization of wildlife management: Social science, conflict, and decision making. *Urban Forestry and Urban Greening*, 1(3), 171-183.
- Patz, J. A., Graczyk, T. K., Geller, N., & Vittor, A. Y. (2000). Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *International Journal for Parasitology*, 30, 1395-1405.
- Pavlosky, E. N. (1964). Natural nidality of transmissible disease with special reference to the landscape epidemiology of zoonoses. En E. D. Levine (Ed.): University of Illinois Press, Urbana.
- Pedersen, A. B., & Fenton, A. (2006). Emphasizing the ecology in parasite community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 22, 1333-1339.
- Pereira Nunes, E. (2004). *Estudio de Caso en Brasil: Principales Desafíos del Ordenamiento Territorial*. Paper presented at the Foro Especial Interregional de las Naciones Unidas, FIG y PC IDEA: Desarrollo de Po-

- líticas de Información Territorial en las Américas, Aguascalientes, México 26-27 de octubre de 2004.
- Peres, C. A. (2001). Synergistic Effects of Subsistence Hunting and Habitat Fragmentation on Amazonian Forest Vertebrates. *Conservation Biology*, 15(6), 1490-1505.
- Pérez-Sánchez, J., Nassar-Montoya, F., Clavijo, C., Ramírez, C. C., Pereira-Bengoa, V., & Sánchez, I. M. (2006). Relaciones interespecíficas de un grupo de micos maiceros cariblancos (*Cebus albifrons versicolor*) rehabilitados y liberados. *Conservación ex-situ DAMA -Secretaría de Ambiente-, Alcaldía de Bogotá*, 2, 41-52.
- Perry, D., & Perry, G. (2008). Improving interactions between animal rights groups and conservation biologists. *Conservation Biology*, 22(1), 27-35.
- Pestana, E. A.; Belak, S.; Diallo, A.; Crowther, J. R., Voljoen G.J. (2010). *Early, Rapid, and Sensitive Veterinary Molecular Diagnostics-Real Time PCR Applications*. New York: Springer.
- Peters, C. J., & LeDuc, J. W. (1999). An introduction to ebola: the virus and the disease. *Journal of Infectious Diseases, Suppl 1*, ix-xvi.
- Pfeiffer, D. U. (2002). *Veterinary Epidemiology –An Introduction*. UK: The Royal Veterinary College.
- Phillips, K. A., Elvey, C. R., & Abercrombie, C. L. (1998). Applying GPS to the study of primate ecology: A useful tool?. *American Journal of Primatology*, 46(2), 167-172.
- Piscar, C., Webb, D., & Beisel, J. N. (2007). An acanthocephalan parasite increases the salinity tolerance of the freshwater amphipod *Gammarus roeseli* (Crustacea: Gammaridae). *Naturwissenschaften*, 94, 741-747.
- Policía Nacional-Dirección de Estupefacientes. (2007). *Aspersión aérea de cultivos ilícitos 2000-2006*. Consultado en Marzo de 2011. Disponible en: <http://www.dne.gov.co/?idcategoria=1447#>.
- Pollard, D., & Almond, R. (2010). *Planeta Vivo Informe 2010: Biodiversidad, biocapacidad y desarrollo*: WWF.
- Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitsky, A. H., & Wells, K. D. (2001). *Herpetology* (Second Edition). London: Prentice-Hall, Inc.
- Poulin, R. (2010). Latitudinal gradients in parasite diversity: bridging the gap between temperate and tropical areas. *Neotropical Helminthology*, 4, 169-177.
- Poulin, R. (2011). The Many Roads to Parasitism: A Tale of Convergence. En D. Rollinson & S. I. Hay (Eds.), *Advances in Parasitology*, Vol. 74 (pp. 1-40). Burlington: Academic Press.
- Presley, S. M., Austin, G. P., & Dabbert, C. B. (2010). Influence of pesticides and environmental contaminants on emerging diseases of wildlife. En R. Kendall, T. E. Lacher, G. P. Cobb & N. A. Cox (Eds.), *Wildlife Ecotoxicology: Emerging Contaminant and Biodiversity Issues* (pp. 73-109). Boca Ratón: CPC Press.
- Primack, R. (2001). Problemas de las poblaciones pequeñas. En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (Eds.), *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas* (pp. 363-383). México: Fondo de Cultura Económica.
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. (Eds.). (2001). *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Quinn, J. H., Gaffney, P. M., Gilardi, K., Murray, M., Jessup, D. A., & Johnson, C. K. (2010). Complications associated with abdominal surgical implantation of radio transmitter in an American badger (*Taxidea taxus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 41, 174-177.
- Rachowicz, L. J., Hero, J.-M., Alford, R. A., Taylor, J. W., Morgan, J. A. T., Vredenburg, V. T., et al. (2005). The novel and endemic pathogen hypotheses: competing explanations for the origin of emerging infectious diseases of wildlife. *Conservation Biology*, 19(5), 1441-1448.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E.; DeSante, & D. F. Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-159/gtr-159-content.pdf>.
- Ramírez, C. C., Nassar Montoya, F., Pereira Bengoa, V., Pérez, J., Clavijo, C., & Sánchez, I. (2006). Rehabilitación y liberación de un grupo de maiceros cariblancos en el Centro de recepción y Rehabilitación de Fauna Silvestre. *Conservación ex-situ: investigación*

- ción para el manejo en cautiverio y conservación de la fauna silvestre. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, 2, 29-40.*
- Ramon, D. (2000). Genetically modified foods: a case of information or misinformation? *International Microbiology, 3*, 1-2.
- Raoult, D., & Forterre, P. (2008). Redefining viruses: lessons from Mimivirus. *Nature Reviews Microbiology, 6*, 315-319.
- Rapport, D. J. (2007). Sustainability science: an eco-health perspective. *Sustainability Science, 2*, 77-84.
- Rapport, D. J., Constanza, R., & McMichael, A. J. (1998). Assessing ecosystem health. *Tree, 13*(10), 397-401.
- Rapport, D. J., Howard, J., Lannigan, R., Jones, D. L., Anjema, C. M., & Bend, J. R. (2002). Introducing ecosystem health into undergraduate medical education. En A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, G. M. Tabor, C. House & M. C. Pearl (Eds.), *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice* (pp. 345-360). USA: Oxford University Press.
- Rasmussen, D. R. (1991). Observer influence on range use of *Macaca arctoides* after 14 years of observations. *Laboratory Primate News Letter, 30*, 6-11.
- Reagan, L. P., Grillo, C. A., & Piroli, G. G. (2008). The As and Ds of stress: metabolic, morphological and behavioral consequences. *European Journal of Pharmacology, 585*(1), 64-75.
- Real, L. A., & Bick, R. (2007a). Infectious disease modeling and the dynamics of transmission. En J. E. Childs, J. S. Mackenzie & J. A. Richt (Eds.), *Wildlife and Emerging Zoonotic Diseases: The Biology, Circumstances and Consequences of Cross-Species Transmission* (pp. 33-49). New York: Springer.
- Real, L. A., & Bick, R. (Eds.). (2007b). *Infectious disease modeling and the dynamics of transmission*. New York: Springer.
- Reardon, T., & Barrett, C. B. (2000). Agroindustrialization, globalization, and international development: An overview of issues, patterns, and determinants. *Agricultural Economics, 23*(3), 195-205.
- Reaser, J. K., Gentz, E. J., & Clark, E. E. (2002). Wildlife health and environmental security: new challenges and opportunities. En A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, G. M. Tabor, C. House & M. C. Pearl (Eds.), *Conservation Medicine: Ecological Health in Practice* (pp. 383-395). USA: Oxford University Press.
- Redford, K. H., & Robinson, J. G. (1987). The Game of Choice: Patterns of Indian and Colonist Hunting in the Neotropics. *American Anthropologist, 89*(3), 650-667.
- Reichard, J. D., & Kunz, T. H. (2009). White-nose syndrome inflicts lasting injuries to the wings of little brown myotis (*Myotis lucifugus*). *Acta Chiropterologica, 11*, 457-464.
- Rengifo, L. M., Franco, A. M., Álvarez-López, H., Álvarez, M., Borja, J. R., E., B., et al. (2000). *Estrategia Nacional Para la Conservación de las Aves de Colombia*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.
- República de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9a. de 1989, y la Ley 3a. de 1991 y se dictan otras disposiciones*: Diario oficial 43091 de 24 julio de 1997.
- Riesenfel, C. S., Schloss, P. D., & Handelsman, J. (2004). Metagenomics: Genomic Analysis of Microbial Communities. *Annual Review of Genetics, 38*, 525-552.
- Riley, S. P. D., Sauvajot, R. M., Fuller, T. K., York, E. C., Kamradt, D. A., Bromley, C., et al. (2003). Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in southern California. *Conservation Biology, 17*, 566-576.
- Ripple, W. J., & Beschta, R. L. (2003). Wolf reintroduction, predation risk, and cottonwood recovery in Yellowstone National Park. *Forest Ecology and Management, 184*, 299-313.
- Robinson, J. G., & Bennett, E. L. (2004). Having your wildlife and eating it too: an analysis of hunting sustainability across tropical ecosystems. *Animal Conservation, 7*(4), 397-408.
- Robinson, J. G., & Redford, K. H. (Eds.). (1991). *Neotropical Wildlife Use and Conservation*. USA: University of Chicago Press.
- Rodríguez, A., González, J. F., & Suárez, R. (2007). Las amenazas para el Capitán. En A. Rodríguez (Ed.), *¿Quién es el Capitán?*. (pp. 63-91). Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Roe, D., Mulliken, T., Milledge, S., Mremi, J., Mosha, S., & Grieg-Gran, M. (2002). *Making a killing or making a living? Wildlife trade, trade controls and rural live-*

- lihoods* (Vol. No. 6): International Institute for Environment and Development and TRAFFIC.
- Roelke-Parker, M. E., Munson, L., Packer, C., Kock, R., Cleaveland, S., Carpenter, M., *et al.* (1996). A canine distemper virus epidemic in Serengeti lions (*Panthera leo*). *379*(6564), 441-445.
- Rohde, K. (Ed.). (2005). *Marine Parasitology*. Australia: Csiro Publishing.
- Rohr, J. R., Elskus, A. A., Shepherd, B. S., Crowley, P. H., Mccarthy, T. M., Niedzwiecki, J. H., *et al.* (2004). Multiple stressors and salamanders: effects of an herbicide, food limitation, and hydroperiod. *Ecological Applications*, *14*(4), 1028-1040.
- Ropstad, E., Oskam, I. C., Lyche, J. L., Larsen, H. J., Lie, E., Haave, M., *et al.* (2006). Endocrine disruption induced by organochlorines (OCs): field studies and experimental models. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, *69*(1-2), 53-76.
- Rosenblum, E. B., Voyles, J., Poorten, T. J., & Stajich, J. E. (2010). The Deadly Chytrid Fungus: A Story of an Emerging Pathogen. *PLoS Pathogen*, *6*(1), e1000550.
- Ross, P. S. (2000). Marine Mammals as Sentinels in Ecological Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment*, *6*, 29-46.
- Rothman, K. J. (1987). *Epidemiología moderna (traducción)*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rothman, K. J., & Greenland, S. (2005). Causation and causal inference in epidemiology. *American Journal of Public Health*, *95*(S1), S144-150.
- Rowcliffe, J. M., Cowlshaw, G., & Long, J. (2003). A model of human hunting impacts in multi-prey communities. *Journal of Applied Ecology*, *40*(5), 872-889.
- Rowell, T. E. (1974). The concept of social dominance. *Behavioral Biology*, *11*, 131-154.
- Rubio-Torgler, H., Ulloa-Cubillos, A., & Campos-Rozo, C. (2000). *Manejo de la Fauna de Caza, una Construcción a Partir de lo Local: Métodos y Herramientas*. Colombia: OREWA/Fundación Natura/MMA (UAESPNN) /OEI/ICANH/WWF.
- Rueda Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Amézquita, A. (Eds.). (2004). *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia*. Bogotá Colombia: Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente.
- Ruiz, A., & Rueda-Almonacid, J. V. (2008). Batrachochytrium dendrobatidis and Chytridiomycosis in anuran amphibians of Colombia. *EcoHealth*, *5*(1), 27-33.
- Ruíz García, M. (2003). Análisis genético conservacionista de los géneros *Lagothrix* y *Ateles* (Atelidae, Primates) mediante loci microsatélites: evidencia de un reciente cuello de botella en *Lagothrix lagotricha* y en *Ateles paniscus chamek*. En V. Pereira Bengoa, F. Nassar Montoya & A. Savage (Eds.), *Primatología del Nuevo Mundo: Biología, Medicina, Manejo y Conservación* (pp. 272-291). Bogotá: Centro de Primatología Araguatos.
- Saez-Saez, V., Seijas, M., & Montezuma, D. (2007). Preliminary study of the epidemiological spatial risk of sylvatic yellow fever in the municipality of Jesús María Semprún, Zulia State, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, *47*(1), 71-82.
- Sainsbury, A. W., Nettleton, P., Gilray, J., & Gurnell, J. (2000). Grey squirrels have high seroprevalence to a parapoxvirus associated with deaths in red squirrels. *Animal Conservation*, *3*(3), 229-233.
- Salpolsky, R. M. (1990). Stress in the wild. *Scientific American*, *262*(1), 116-123.
- Sánchez, P., Morales, A., & López-Arévalo, H. F. (2001). *Libro de resúmenes V Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica, 2001*: Universidad Nacional de Colombia - Fundación Natura. Colombia.
- Sarkar, S. (2009). Conservation Biology. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Disponible en: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2009/entries/conservation-biology>.
- Sayim, F. (2008). Acute toxic effects of malathion on the 21st stage larvae of the marsh frog. *Turkish Journal of Zoology*, *32*, 99-106.
- Schloegel, L. M., Hero, J. M., Berger, L., Speare, R., McDonald, K. R., & Daszak, P. (2006). The decline of the sharpnouted day frog (*Taudactylus acutirostris*): the first documented case of extinction by infection in a free-ranging wildlife species? *EcoHealth*, *3*, 35-40.

- Schmaljohn, C., & Hjelle, B. (1997). Hantaviruses: a global disease problem. *Emerging Infectious Diseases*, 3(2), 95-104.
- Schüttler, E., & Karez, C. S. (Eds.). (2009). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe Técnico para Fomentar el Intercambio de Experiencias entre las Reservas de Biosfera y Promover el Manejo Efectivo de las Invasiones Biológicas*. Montevideo: UNESCO.
- Scott, M. E. (1988). The impact of infection and disease on animal populations: implications for conservation biology. *Conservation Biology*, 2(1), 40-56.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos*. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Seddon, P. J., Armstrong, D. P., & Maloney, R. F. (2007). Developing the science of reintroduction biology. *Conservation Biology*, 21(2), 303-312.
- Seibert, L. (2005). Mental Health Issues in Captive Birds. En F. D. McMillan (Ed.), *Mental health and well-being in animals* (1st ed. pp. 285-294). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Selye, H. (1936). A Syndrome Produced by Diverse Noxious Agents. *Nature*, 138, 32.
- Setchell, J. M., & Curtis, D. J. (2003). *Field and Laboratory Methods in Primatology: A Practical Guide*. UK: Cambridge University Press.
- Shapiro-lan, D. I., Fuxa, J. R., Lacey, L. A., Onstad, D. W., & Kaya, H. K. (2005). Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. *Journal of Invertebrate Pathology*, 88, 1-7.
- Shields, P. G. (2006). Understanding population and individual risk assessment: the case of polychlorinated biphenyls. *Cancer Epidemiology Biomarkers Prevention*, 15(5), 830-839.
- Shyne, A. (2006). Meta-analytic review of the effects of enrichment on stereotypic behavior in zoo mammals. *Zoo Biology*, 25(4), 317-337.
- Sillero-Zubiri, C., King, A., & Macdonald, D. (1996). Rabies and mortality in Ethiopian wolves (*Canis simensis*). *Journal of Wildlife Diseases*, 32(1), 80-86.
- Singh, D. P. (2003). *Stress Physiology*. New Dehli: New Age International Ltd Publishers.
- Sirén, A., Hambäck, P., & Machoa, J. (2004). Including Spatial Heterogeneity and Animal Dispersal When Evaluating Hunting: a Model Analysis and an Empirical Assessment in an Amazonian Community. *Conservation Biology*, 18(5), 1315-1329.
- Skinner, H. C. W., & Berger, A. R. (Eds.). (2003). *Geology and Health: Closing the Gap*. New York: Oxford University Press.
- Smith, K. F., Acevedo-Whitehouse, K., & Pedersen, A. B. (2009). The role of infectious diseases in biological conservation. *Animal Conservation*, 12(1), 1-12.
- Snyder, J. C., Wiedenheft, B., Douglas, T., Lavin, M., Roberto, F. F., Spuhler, J., et al. (2007). Virus movement maintains local virus population diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 19102-19107.
- Sodhi, N. S., & Ehrlich, P. R. (2010). *Conservation Biology for All*. New York: Oxford University Press.
- Solomon, K. R., Anadón, A., Cerdeira, A. L., Marshall, J., & Sanín, L. H. (2005). *Estudio de los Efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos Mediante la Aspersión Aérea con el Herbicida Glifosato (PE-CIG) y de los Cultivos Ilícitos en la Salud Humana y en el Medio Ambiente*. Washington, D.C.
- Sonne, C., Dietz, R., Born, E. W., Riget, F. F., Kirkegaard, M., Hyldstrup, L., et al. (2004). Is bone mineral composition disrupted by organochlorines in east Greenland polar bears (*Ursus maritimus*)?. *Environmental Health Perspectives*, 112(17), 1711-1716.
- Sparling, D. W., Linder, G., Bishop, C. A., & Krest, S. K. (Eds.). (2010). *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles* (Second Edition). Carbondale, USA: CRC Press.
- Spraker, T. R., Miller, M. W., Williams, E. S., Getzy, D. M., Adrian, W. J., Schoonveld, G. G., et al. (1997). Spongiform encephalopathy in free-ranging mule deer (*Odocoileus hemionus*), white tailed deer (*Odocoileus virginianus*) and Rocky Mountain elk (*Cervus elaphus nelsoni*) in north central Colorado. *Journal of Wildlife Diseases*, 33, 1-6.
- Starmer, W. T., Patten, M., & Polak, M. (2002). The statistics of detecting positional fluctuating asymmetry. *Biological Journal of Linnean Society*, 77, 491-498.
- Stiling, P. (1992). *Ecology. Theories and Applications* (Second Edition). New Jersey: Editorial Prentice Hall.

- Stoner, K. E. (1996). Prevalence and intensity of intestinal parasites in mantled howling monkeys (*Alouatta palliata*) in northeastern Costa Rica: implications for conservation biology. *Conservation Biology*, 10, 539-546.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman, D. L., et al. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.
- Sutherland, W. J. (Ed.). (2006). *Ecological Census Techniques: A Handbook* (Second Edition). University of East Anglia: Cambridge University Press.
- Suzán, A. G., Galindo, F. A., & Ceballos, G. (2000). La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Veterinaria México-Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 003, julio 2000.
- Suzán, G., Giermakowski, J. T., Marcé, E., Suzán-Azpíri, H., Armien, B., & Yates, T. L. (2006). Modeling hantavirus reservoir species dominance in high seroprevalence areas on the Azuero Peninsula of Panama. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74(6), 1103-1110.
- Swaigood, R. R., & Shepherdson, D. (2006). Environmental enrichment as a strategy for mitigating stereotypies in zoo animals: a literature review and meta-analysis. En G. Mason & J. Rushen (Eds.), *Stereotypic animal behaviour: fundamentals and applications to welfare*. (Second Edition, pp. 256-285). London: CABI.
- Tabuchi, M., Veldhoen, N., Dangerfield, N., Jeffries, S., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2006). PCB-related alteration of thyroid hormones and thyroid hormone receptor gene expression in free-ranging harbor seals (*Phoca vitulina*). *Environmental Health Perspectives*, 114(7), 1024-1031.
- Tamashiro, K. L., Sakai, R. R., Shively, C. A., Karatsoreos, I. N., & Reagan, L. P. (2011). Chronic stress, metabolism, and metabolic syndrome. *Stress*, 14(5), 468-474.
- Taylor, A. R., & Knight, R. L. (2003). Wildlife responses to recreation and associated visitor perceptions. *Ecological Applications*, 13(4), 951-963.
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1998). *Introduction to qualitative research methods*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1984). *Introduction to Qualitative Research: The search for Meanings* (Second Edition). New York: John Wiley.
- Thomas, B., De Silva, N., Foster, M., Hoffmann, M., Knox, D., Langhammer, P., et al. (2007). *Biodiversity Hotspots*. Consultado en Marzo de 2011. Disponible en: http://www.biodiversityhotspots.org/xp/hotspots/hotspots_by_region/Pages/default.aspx.
- Thomas, F., Renaud, F., & Guégan, J. F. (Eds.). (2005). *Parasitism and Ecosystems*: Oxford University Press.
- Thomas, K., Tompkins, D. M., Sainsbury, A. W., Wood, A. R., Dalziel, R., Nettleton, P. F., et al. (2003). A novel poxvirus lethal to red squirrels (*Sciurus vulgaris*). *Journal of General Virology*, 2003(84), 3337-3341.
- Thomson Reuters. (Sin fecha). Science watch: Field definitions. Disponible en: <http://sciencewatch.com/about/met/fielddef/>.
- Thorne, E. T., & Williams, E. S. (1988). Disease and Endangered Species: The Black-footed ferret as a recent example. *Conservation Biology*, 2(1), 66-74.
- Toates, F. (2000). Multiple factors controlling behaviour: implications for stress and welfare. En G. P. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The Biology of Animal Stress* (pp. 199-226): Oxon and New York: CAB International.
- Tompkins, D. M., Dobson, A. P., Arneberg, P., Begon, M. E., Cattadori, I. M., Greenman, J. V., et al. (2002). Parasites and host dynamics. En P. J. Hudson, A. Rizzoli, B. T. Granfell, H. Heester & A. P. Dobson (Eds.), *The ecology of wildlife diseases* (pp.45-62). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Tompkins, D. M., Sainsbury, A. W., Nettleton, P., Buxton, D., & Gurnell, J. (2002). Parapoxvirus causes a deleterious disease in red squirrels associated with UK population declines. *Proceedings of Biological Sciences*, 269(1490), 529-533.
- Townsend, P., Scachetti-Pereira, R., & Hargrove, W. W. (2004). Potential geographic distribution of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in North America. *The American Midland Naturalist*, 151(1), 170-175.

- Ulloa, A., Rubio, H., & Campos, C. (1996). *Trua Wuandra: Estrategias Para el Manejo de Fauna en Comunidades Embera en el Parque Nacional Natural Utría, Chocó. Colombia*: OREWA/Fundación Natura/MMA (UAESPNN)/OEI.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization UNESCO. (1988). Proposed International Standard Nomenclature for Fields of Science and Technology. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000829/082946eb.pdf>.
- United Nations Environment Program. (2007). *Global Environment Outlook GEO4-UNEP*. Malta.
- Van Jaarsveld, A. S., Freitag, S., Chown, S. L., Muller, C., Koch, S., Hull, H., et al. (1998). Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science*, 279, 2106-2108.
- Van Leeuwen, J. A., Nielsen, N. O., & Waltner-Toews, D. (1998). Ecosystem health: an essential field for veterinary medicine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 212, 53-57.
- Van Regenmortel, M. H. V. (2007). Discussion Virus species and virus identification: Past and current controversies. *Infection, Genetics and Evolution*, 7, 133-144.
- Van Riper, C., van Riper, S., Lee Goff, M., & Laird, M. (1986). The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. *Ecological Monographs*, 56, 327-344.
- Varela, F. J., Maturana, H. R., & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, 5, 187-196.
- Vedhara, K., Hyde, J., Gilchrist, I. D., Tytherleigh, M., & Plummer, S. (2000). Acute stress, memory, attention and cortisol. *Psychoneuroendocrinology*, 25, 535-549.
- Velázquez, E. (2006). *Análisis de la presencia de Batrachochytrium dendrobatidis en comunidades naturales de anuros en el Valle del Cauca*. Universidad del Valle, Cali.
- Verreault, J., Skaare, J. U., Jenssen, B. M., & Gabrielsen, G. W. (2004). Effects of organochlorine contaminants on thyroid hormone levels in Arctic breeding glaucous gulls, *Larus hyperboreus*. *Environmental Health Perspectives*, 112(5), 532-537.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., et al. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.
- Vogel, G. (2007). Scientists say Ebola has pushed western gorillas to the brink. *Science*, 317(5844), 1484.
- Vos, J. G., Dybing, E., Greim, H. A., Ladefoged, O., Lambre, C., Tarazona, J. V., et al. (2000). Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. *Critical Review in Toxicology*, 30(1), 71-133.
- Walker, B., & Steffen, W. (Eds.). (1997). *The terrestrial Biosphere and Global Change: Implications for Natural and Managed Ecosystems. A Synthesis of GCTE and Related Research. IGBP Science No. 1. The International Geosphere Biophere Program (IGBP)*. Stockholm, Sweden.
- Waltner-Toews, D., Da Silva, L. J., Foller, M. L., Moran, E. F., de Albuquerque Possas, C., de Almeida Jr., J. M. G., et al. (2001). An ecosystem approach to health and its applications to tropical and emerging diseases. Debate 7. *Cadernos de Saude Publica, Rio de Janeiro*, 17 (Suplemento 7), 23-24.
- Wang, F., Wang, X. J., Yuan, C. G., & Ma, J. (2010). Generating a prion with bacterially expressed recombinant prion protein. *Science*, 327, 1132-1135.
- Wayne, R. K., Lehman, N., Allard, M. W., & Honeycutt, R. L. (1992). Mitochondrial DNA variability of the gray wolf: genetic consequences of population decline and habitat fragmentation. *Conservation Biology*, 6(4), 559-569.
- Weimerskirch, H. (2004). Diseases threaten southern ocean albatrosses, *Polar Biology*, 27, 374-379.
- Weinbauer, M. G. (2004). Ecology of prokaryotic viruses. *FEMS Microbiology Reviews*, 28, 127-181.
- Weinhold, B. (2003). Conservation medicine: Combining the best of all worlds. *Environmental Health Perspectives*, 111(10), 525-529.
- Weisel, S. (2000). Experiencias tenidas durante la liberación de felinos moteados al medio natural. En F. Nassar-Montoya & R. Crane (Eds.), *Actitudes hacia la fauna en Latinoamérica* (pp. 165-289). Washington D.C: Humane Society Press.
- Weiss, C. H. (1979). The many meanings of research utilization. *Public Administration Review*, 39, 426-431.

- Weiss, R. A. (2002). Virulence and Pathogenesis. *Trends in Microbiology*, 10, 314-317.
- Wemelsfelder, F. (2005). Animal Boredom: understanding the tedium of confined lives. En F. D. McMillan (Ed.), *Mental health and well-being in animals* (pp. 77-91). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Western, D. (2001). Colloquium: Human-modified ecosystems and future evolution. *Proceedings of National Academy of Science*, 98(10), 5458-5465.
- Williams, E., Thorne, E., Appel, M., & Belitsky, D. (1988). Canine distemper in black-footed ferrets (*Mustela nigripes*) from Wyoming. *Journal of Wildlife Diseases*, 24(3), 385-398.
- Williamson, E. A., & Feistner, T. C. (2003). Habituating primates: processes, techniques, variables and ethics. En J. M. Setchell & D. J. Curtis (Eds.), *Field and laboratory methods in Primatology: A Practical Guide* (pp.25-39). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilson, M. (2005). *Microbial inhabitants of humans: their ecology and role in health and disease*. New York: Cambridge University Press.
- Wilson K., Bjørnstad O. N., Dobson A. P., Merler S., Pogliayen G., Randolph S. E., et al. (2002). Heterogeneities in macroparasite infections: patterns and processes. En Hudson, P., Rizzoli, A., Grenfell, B., Heesterbeek, H., & Dobson, A. (Eds.). *The Ecology of Wildlife Diseases* (pp. 6-44). Oxford, UK: Oxford University.
- Wobeser, G., Leighton, F. A., Norman, R., Myers, D. J., Onderka, D., Pybus, M. J., et al. (1993). Newcastle disease in wild water birds in western Canada, 1990. *Canadian Veterinary Journal*, 34(6), 353-359.
- Wobeser, G. A. (1994). *Disease in Wild Animals: Investigation and Management*. New York and London: Plenum Press.
- Woese, C., Kandler, O., & Wheelis, M. (1990). Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of National Academy of Science of the United States of North America*, 87, 4576-4579.
- Wolfenbarger, L. L., & Phifer, P. R. (2000). The ecological risk and benefits of genetically engineered plants. *Science*, 290, 2088-2093.
- Wolff, P. (1993). Parasites of the new world primates. En M. Fawler (Ed.), *Zoo and Wildlife Medicine: Current Therapy 3* (pp. 378-389). Philadelphia, EUA: W.B. Saunders Co.
- Woodford, M. H., & Rossiter, P. B. (1994). Disease risk associate with wildlife translocation projects. En P. J. S. Olney, G. M. Mace & A. T. C. Feistner (Eds.), *Creative Conservation, Interactive Management of Wildlife and Captive Animals* (pp. 178-200). UK: Chapman & Hall.
- Woolhouse, M. E. (2002). Population biology of emerging and re-emerging pathogens. *Trends in Microbiology*, 10 (10 Suppl), S3-7.
- World Health Organization. (1946). *Preamble to the Constitution of World Health Organization as adapted by the International Health Conference. Signed on 22 July by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization No. 2)*. New York: WHO.
- World Health Organization-WHO. (1990). *Potential health effects of climate change. Report of a WHO Task Group. April 1990.*, Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/1990/WHO_PEP_90_10.pdf.
- Wright, S. J., Stoner, K. E., Beckman, N., Corlett, R. T., Dirzo, R., Muller-Landau, H. C., et al. (2007). The plight of large animals in tropical forests and the consequences for plant regeneration. *Biotropica*, 39(3), 289-291.
- Würbel, H. (2006). The motivational basis of caged rodents' stereotypies. En G. Mason & J. Rushen (Eds.), *Stereotypic animal behaviour: fundamentals and applications to welfare* (2nd ed., pp. 86-111). London: CABI.
- Yerkes, R. M. (1925). *Almost Human*. London: Johnathan Cope.

