



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ANÁLISIS DE LAS APLICACIONES DE LA ÉTICA  
ECOLÓGICA EN LAS PRÁCTICAS DE CAMPO DE  
BIOLOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
UNAM”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:**

**MARÍA FERNANDA DE ALBA NAVARRO**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. MARÍA DE LOS ANGELES CANCINO RODEZNO**

**2015**

**Ciudad Universitaria, D. F.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HOJA DE DATOS DEL JURADO

### 1. Datos del alumno

de Alba  
Navarro  
María Fernanda  
55 15 13 71 04  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
308591507

### 2. Datos del tutor

Dra.  
María de los Angeles  
Cancino  
Rodezno

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Carlos  
Martorell  
Delgado

### 4. Datos del sinodal 2

Dr.  
Juan Francisco  
Sánchez  
Beristáin

### 5. Datos del sinodal 3

Dr.  
Ricardo  
Noguera  
Solano

### 6. Datos del sinodal 4

M. en C.  
Iván Israel  
Castellanos  
Vargas

### 7. Datos del trabajo escrito

Análisis de las aplicaciones de la ética ecológica en las prácticas de campo de biología de la  
Facultad de Ciencias de la UNAM  
80 p  
2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas y por formarme como profesionista y como persona.

A la Facultad de Ciencias de la UNAM y al Taller de Biología Molecular de la Célula I y II por su apoyo para la realización de esta tesis.

A mi tutora, la Dra. María de los Angeles Cancino Rodezno, por su paciencia, sus consejos invaluable y sus enseñanzas que trascienden el ámbito académico. Sin su dedicación, este trabajo no hubiera sido posible.

A mis padres, por enseñarme a creer en mí misma a través de su amor y apoyo incondicionales.

A mi hermana, por ser mi eterna cómplice y confidente y por alentar todos mis sueños.

A Esteban, por mostrarme el significado de un capricho y por motivarme a ser mejor día con día.

A Gonzalo, Jesús, Cynthia, Karen, Mafer, Edday, Alan, Paco y todos aquellos amigos que encontré en el camino y que me ayudaron a encontrarme a mí misma.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	6
<b>INTRODUCCIÓN</b>	7
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	10
<b>OBJETIVOS</b>	11
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>La Bioética y la Ética Ambiental como precursoras de la Ética Ecológica</b>	
1.1 Los orígenes de la Bioética	12
1.2 La Bioética principialista aplicada a la Ética Ecológica	13
1.3 Las principales corrientes dentro de la Ética Ambiental	16
1.4 La Ética Ecológica	20
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>La Ética Ecológica aplicada a las prácticas de campo de Biología</b>	
2.1 Los efectos de las prácticas de campo sobre los ecosistemas	22
2.1.1 Ejemplos de la mala <i>praxis</i> en los preparativos previos a las prácticas de campo	23
2.1.2 Ejemplos de la mala <i>praxis</i> durante las prácticas de campo	25
2.1.3 Ejemplos de la mala <i>praxis</i> después de la realización de las prácticas de campo	31
2.2 El estado actual de las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM	32
2.3 La “Triple erre” aplicada al diseño y la ejecución de las actividades durante las prácticas de campo de Biología.	33
2.3.1 La Reducción	34
2.3.2 El Reemplazo	35
2.3.3 El Refinamiento	36
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>Las implicaciones ético-ecológicas de la colecta científica con fines de docencia y sus posibles alternativas</b>	
3.1 La importancia y las implicaciones ético-ecológicas de la colecta científica para el estudio de los seres vivos	38
3.1.1 Las consideraciones ético-ecológicas respecto a la captura de fauna silvestre	40
3.1.2 Las consideraciones ético-ecológicas respecto al marcaje de fauna silvestre	42
3.2 Las alternativas ético-ecológicas para la colecta científica definitiva con fines de docencia	46
3.2.1 El uso de las colecciones biológicas preexistentes	47
3.2.2 El avistamiento y la observación directa de los organismos	47
3.2.3 La toma de fotografías y de videos	48
3.2.4 El estudio de los rastros	48
3.2.5 El monitoreo bioacústico	50
<b>DISCUSIÓN</b>	52

<b>CONCLUSIONES</b>	57
<b>LITERATURA CITADA</b>	58
<b>APÉNDICE I</b> <b>Las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM,</b> <b>semestre 2015-2</b>	69
<b>APÉNDICE II</b> <b>La legislación mexicana vigente en materia de colecta científica</b>	74
<b>GLOSARIO</b>	77

de Alba-Navarro, M.F. 2015. Análisis de las aplicaciones de la ética ecológica en las prácticas de campo de biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 80 p.

## RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis crítico de las posibles aplicaciones de la Ética Ecológica en las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con el fin de generar material de consulta que promueva la coincidencia entre la adquisición del conocimiento y las acciones éticas en el campo. La Ética Ecológica incorpora los aportes de la Bioética y de la Ética Ambiental a los conocimientos científicos actualizados para resolver los dilemas éticos que surgen de la investigación y de la enseñanza en Biología. Por lo tanto, ésta debe inculcarse a los biólogos desde su etapa formativa durante las prácticas de campo.

Las prácticas de campo contribuyen al desarrollo de los conocimientos y las habilidades de los alumnos pero impactan negativamente a los ecosistemas, debido principalmente a la mala *praxis* de los participantes antes, durante y después de salir al campo. Algunos ejemplos de esto son el planteamiento inadecuado de las actividades, la falta de capacitación, la ausencia de los permisos correspondientes, la apertura innecesaria de senderos, la introducción de especies invasoras, el tráfico ilegal y la obtención de beneficios no académicos a partir de las especies silvestres, el manejo inadecuado de los residuos, y la ausencia de integridad científica. Con el fin de reducir su impacto en los sitios de estudio, los docentes y los alumnos deben implementar la ‘Triple erre’ durante las prácticas de campo. Ésta consiste en un conjunto de medidas que promueven la reducción del número de individuos utilizados en los estudios, su reemplazo por otros modelos y el refinamiento de los métodos de modo que sean lo menos dolorosos y dañinos posibles.

La colecta con fines de docencia puede ir acompañada de la captura y del marcaje de los individuos e involucra daños directos e indirectos en los sujetos de estudio y en el ecosistema. Por ende, debe restringirse a casos excepcionales y sustituirse en la medida de lo posible por alternativas menos invasivas para el estudio de los seres vivos como el uso de las colecciones biológicas preexistentes, la observación directa de los organismos, la toma de fotografías y de videos, el estudio de los rastros, y el monitoreo bioacústico.

Actualmente, la comunidad de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM cuenta el “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias”. Sin embargo, es imprescindible elaborar un código ético que sea revisado por un comité de ética y que regule la buena *praxis* de nuestra comunidad estudiantil durante las prácticas de campo.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las formas de vida en su ambiente natural ha sido un aspecto fundamental para el desarrollo histórico de la Biología y constituye una parte indispensable de la formación profesional del biólogo. La observación directa de los seres vivos en su medio constituye la base para la formulación de predicciones e hipótesis que nos permiten comprender la biología de las distintas especies y los procesos ecológicos que acontecen en el mundo natural (Barker et al. 2002). Dicha comprensión es indispensable para el diseño y la ejecución de programas de conservación y de recuperación de flora y fauna silvestre. Si bien la bibliografía, las colecciones biológicas preexistentes y la experimentación en el laboratorio proporcionan datos útiles sobre algunos aspectos de la biología de los organismos, estos medios son incapaces de proveer información completa y detallada sobre la dinámica de las comunidades y de los ecosistemas. Por lo tanto, el trabajo de campo resulta indispensable para la obtención de datos que reflejen la complejidad de los ecosistemas y de las relaciones entre sus factores bióticos y abióticos.

Las prácticas de campo son actividades que se llevan a cabo fuera de las instalaciones de la institución académica en cuestión y que tienen por objetivo la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades de los estudiantes (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Además de generar conocimiento teórico, estas actividades contribuyen al desarrollo de destrezas y de competencias que no pueden adquirirse dentro de las aulas, por lo que es importante incluirlas desde la etapa formativa de los biólogos. Independientemente del área de especialidad del biólogo, las prácticas de campo permiten a los alumnos aterrizar el conocimiento teórico a situaciones concretas y les enseñan a trabajar en equipo bajo condiciones cambiantes e impredecibles. Asimismo, al ponerlos en contacto con situaciones que difícilmente podrían presenciar en la vida cotidiana, el trabajo de campo le otorga a los estudiantes una perspectiva integral necesaria para analizar y proponer soluciones a distintos problemas biológicos sin perder de vista el contexto político, social, cultural y económico (Barker et al. 2002). Por ende, las visitas al campo permiten a los académicos fomentar valores ético-ecológicos y de responsabilidad social en los alumnos.

No obstante, aunque las prácticas de campo constituyen una excelente oportunidad de aprendizaje para los estudiantes de Biología, es imprescindible que éstas se realicen bajo un ambiente de responsabilidad que concilie el desarrollo de las competencias académicas con la minimización de los efectos adversos de la presencia humana sobre los ecosistemas (ARENA & OLAW 2002; Society for Conservation Biology 2005; National Health and Medical Research Council 2013; «SICB Code of ethics» 2015). Por consiguiente, es necesario que las salidas al campo se rijan por directrices ético-ecológicas que sean prácticas y adaptables a las distintas actividades realizadas por los académicos y los alumnos. La Ética Ecológica es la rama de la Ética que se encarga de solucionar los dilemas



particulares de la investigación en Biología y del manejo de vida silvestre. Aunque se enfoca principalmente en la Ecología, sus premisas son aplicables a cualquier proyecto que involucre el estudio de los seres vivos en su hábitat natural, por lo que puede implementarse en todas las prácticas de campo. Esta disciplina constituye la base de los códigos de conducta que fundamentan la toma de decisiones en el ámbito de la conservación y que regulan el trabajo en campo de todos los biólogos (Soulé & Wilcox 1980; Minter & Collins 2005a).

Existen muchos códigos éticos pertenecientes a universidades y a sociedades biológicas alrededor del mundo que orientan la buena *praxis* de los biólogos en campo, entre los que se encuentran el “Australian Code for the Care and Use of Animals for Scientific Purposes” [Código Australiano para el Cuidado y uso de Animales para Propósitos Científicos] (2013), la “Institutional Animal Care and Use Committee Guidebook” [Guía para los Comités Institucionales de Cuidado y Uso Animal] (2002) y los códigos éticos de la Society for Conservation Biology [Sociedad para la Biología de la Conservación] (2005) y de la Ecological Society of America [Sociedad Ecológica de América] (1993), por mencionar algunos ejemplos. Aunque estos códigos difieren en su extensión y en la profundidad con que detallan sus postulados, todos versan sobre la integridad académica y sobre la ética científica, profesional, humana, animal y ambiental. Por lo tanto, los códigos de conducta incitan a los biólogos a ejercitar el respeto, la honestidad y la imparcialidad, así como a reconocer su responsabilidad hacia sus colegas, hacia la sociedad y hacia su objeto de estudio. De igual manera, sugieren el uso de una metodología científica rigurosa que permita la obtención de información confiable y que evite daños innecesarios a los seres vivos y al medio (Ecological Society of America 1993; ARENA & OLAW 2002; Society for Conservation Biology 2005; National Health and Medical Research Council 2013).

Actualmente, la Facultad de Ciencias de la UNAM carece de un código ético que regule la conducta de los académicos y de los estudiantes de biología en campo. Sin embargo, cuenta con el “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” de la UNAM, cuya versión actual fue aprobada en 2012. Este Reglamento se fundamenta en los “Lineamientos Generales para la Realización de Prácticas de Campo de la Universidad Nacional Autónoma de México” y establece los requisitos que la comunidad de biología debe observar antes, durante y después de la realización de las prácticas de campo y de las salidas profesionales. Esto incluye el contenido de las solicitudes para la realización de las prácticas de campo; las instancias académicas y administrativas encargadas de expedir las autorizaciones correspondientes; los requisitos que deben reunir los alumnos para salir al campo; las obligaciones de los profesores responsables y de los alumnos durante todas las etapas de las prácticas de campo; el contenido de los informes de actividades; las posibles causas de suspensión de las prácticas; y las especificaciones referentes al transporte, entre otras (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Es decir, que la mayoría de las disposiciones

contenidas en este Reglamento son medidas que tienen por objetivo asegurar el aprendizaje de los alumnos en condiciones que no comprometan su integridad física en campo, por lo que está sujeto a perfeccionamiento.

Por lo tanto, el presente trabajo aporta un análisis crítico del origen de la Ética Ecológica y de sus aplicaciones en las prácticas de campo de biología, con el fin de evitar la mala *praxis* en campo y de promover la adopción de conductas y alternativas que sean compatibles con la preservación de los ecosistemas y con el bienestar de los organismos. Asimismo, constituye una revisión del panorama actual de las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM y de las formas en que se puede incorporar la Ética Ecológica para resolver los problemas particulares de nuestra comunidad académica.

## JUSTIFICACIÓN

La formación integral de un biólogo requiere, entre muchas otras experiencias y competencias profesionales, del estudio de los seres vivos en su hábitat natural, es decir, en el campo. En la licenciatura en Biología impartida en la Facultad de Ciencias de la UNAM existen asignaturas tanto obligatorias como optativas que contemplan prácticas de campo. Éstas deben desarrollarse bajo lineamientos ético-ecológicos que permitan revalorizar nuestras prácticas humanas y ampliar las consideraciones y el respeto hacia los individuos, las especies, las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas.

Los avances científicos recientes en áreas tales como la Biología, la Ecología y la Etología permiten y demandan estudios más prudentes, responsables, analíticos, críticos y multidisciplinarios por parte de los biólogos hacia el ambiente. Lo anterior debe ser promovido a través de la educación, la difusión y el fomento de los programas en materia de Ética Ecológica.

El Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM no está exento de lo anterior, puesto que el desarrollo y la actualización en cuestiones de Ética y Ecología resultan impostergables para optimizar la experiencia del aprendizaje. El presente trabajo constituye material de consulta vigente para los estudiantes, los académicos y todo el personal involucrado en las prácticas de campo y pretende contribuir a la toma de decisiones informadas y a la buena *praxis* desde el enfoque y la implementación de la Ética Ecológica.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo es realizar un análisis crítico de las posibles aplicaciones de la Ética Ecológica en las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con el fin de generar material de consulta que promueva la coincidencia entre la adquisición del conocimiento y las acciones éticas en el campo.

### **Objetivos particulares**

Los objetivos particulares que se plantean en este trabajo se enlistan a continuación:

1. Estudiar a la Ética Ecológica desde la Bioética y la Ética Ambiental así como su relevancia en el ejercicio de la Biología.
2. Analizar las aplicaciones de la Ética Ecológica en las prácticas de campo de Biología, incluyendo la colecta científica con fines de docencia y sus posibles alternativas.

## CAPÍTULO I

### La Bioética y la Ética Ambiental como precursoras de la Ética Ecológica

Actualmente, las tasas de extinción de los seres vivos se han elevado a tal grado que enfrentamos la peor crisis de la biodiversidad desde la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2010). Asimismo, los ecosistemas presentan un nivel de deterioro sin precedentes que amenaza la disponibilidad de los servicios ambientales (véase glosario) de los que dependen la especie humana y el resto de los seres vivos (Schochet 2015). Esta devastación es un fenómeno generalizado y multiforme que resulta del modo en que el ser humano concibe su relación con las demás entidades naturales, por lo que es imprescindible reevaluar la forma en que los seres humanos interactúan entre sí, con los demás seres vivos y con el ambiente. En consecuencia, han surgido dos principales corrientes dentro de la filosofía que tienen por objetivo entender la naturaleza de la relación humano-ambiente, los deberes éticos de la especie humana hacia los elementos bióticos y abióticos de los ecosistemas, y los criterios en los que nos basamos para asignarles valor. Estas corrientes son la Bioética y la Ética Ambiental y constituyen los fundamentos teóricos de la Ética Ecológica, ya que proporcionan los argumentos filosóficos que justifican la adopción de medidas para mitigar el impacto ecológico provocado por las distintas actividades antropogénicas -incluida la docencia en biología-. A continuación se describen las principales corrientes y aportes de la Bioética y de la Ética Ambiental para el estudio de los seres vivos.

#### 1.1 Los orígenes de la Bioética

La Bioética es el uso valorativo, interdisciplinario, plural e integral del diálogo entre la ciencia y la ética para formular y resolver, en la medida de lo posible, los problemas planteados por la investigación científica y tecnológica a la vida, a la salud y al medio ambiente (Abel et al. 2002). Actualmente, la Bioética contribuye al mejoramiento de los sistemas de salud y de investigación biomédica y biotecnológica, y juega un papel fundamental en el desarrollo sustentable y en la conservación de los seres vivos y del medio (Narro-Robles 2012).

El término ‘Bioética’ fue acuñado por el teólogo y filósofo alemán Fritz Jahr en el artículo “Bio-Ethik. Eine Umschau über die ethischen Beziehungen des Menschen zu Tier und Pflanze” [Bio-ética: un análisis de las relaciones éticas de los seres humanos con los animales y las plantas] publicado en la revista *Kosmos* en 1927. En dicho artículo, Jahr propuso el ‘imperativo bioético’, el cual consistía en la extensión del imperativo moral de Kant a todas las formas de vida; es decir, establecía que todos los seres vivos humanos y no humanos deben ser tratados como fines en sí mismos y no como medios para la obtención de un fin. El imperativo bioético también promueve la solidaridad y la compasión hacia todas las formas de vida, además de fortalecer el reconocimiento y las obligaciones morales hacia los otros seres humanos y hacia uno mismo (Jahr 1927; Sass 2007).

Otro punto importante de la obra de Jahr consiste en el reconocimiento de la ‘lucha por la vida’ que se da en el entorno social y en las comunidades bióticas. Para Jahr, la vida misma no está basada en el amor, sino en la competencia (véase glosario) intra e interespecífica. Sin embargo, esto no exime a los humanos de su responsabilidad hacia sus semejantes y hacia el resto de los seres vivos (Sass 2007; Quintana 2012). Aplicada a la Ética Ecológica, la protección de la lucha por la vida implica que los manejadores de vida silvestre, los investigadores y los estudiantes tienen el deber ético de respetar y mantener en la medida de lo posible los procesos ecológicos indispensables para el buen funcionamiento de los ecosistemas, de tal suerte que cada individuo pueda procurar su supervivencia y su reproducción bajo las condiciones naturales dadas.

A pesar de su gran mérito, la obra de Jahr no fue justamente reconocida debido al complejo clima político de Alemania y al carácter empirista y positivista de la ciencia europea a principios del siglo XX (Quintana 2012). Por lo tanto, el término ‘Bioética’ cayó en el olvido hasta que el oncólogo estadounidense Van Rensselaer Potter publicó el artículo “Bioethics: the science of survival” [Bioética: la ciencia de la supervivencia] en la revista *Perspectives in Biology and Medicine* en 1970. En él, Potter proponía la creación de una nueva disciplina que sirviera como puente entre las ciencias y las humanidades, extendiendo las obligaciones morales de los seres humanos hacia la Tierra, las plantas y los animales; es decir, proponía una Bioética global aplicada a la biosfera en su totalidad (Viesca-Treviño 2008). Para este autor los valores éticos son inseparables de los hechos biológicos, y la estabilidad y la supervivencia de los ecosistemas sólo serán posibles mediante acciones fundamentadas en la unidad indivisible de la ética humana y de la Ecología (Potter 1971; Viesca-Treviño 2008).

Tanto Jahr como Potter analizaron las implicaciones éticas de los avances tecnológicos y plantearon la necesidad de usar racionalmente el conocimiento científico y de encauzarlo mediante directrices éticas enfocadas en garantizar el bienestar de los humanos y de los demás seres vivos. Esto implicaba establecer nuevas prioridades en la investigación y adoptar actitudes y prácticas éticas tanto a nivel personal como profesional (Jahr 1927; Potter 1970). Dado que la ciencia evoluciona constantemente, el planteamiento y desarrollo de estudios éticos también debe avanzar en consecuencia.

## **1.2 La Bioética principialista aplicada a la Ética Ecológica**

A finales de la década de 1970, Tom L. Beauchamp y James F. Childress publicaron el libro *Principles of biomedical ethics* [Principios de ética biomédica] en el que proponían un marco ético para la toma de decisiones en el ámbito de la salud que fuera aplicable a casos concretos. Este marco o paradigma ético se fundamentaba en cuatro principios que se han convertido en el pilar de la llamada Bioética principialista: los principios de autonomía, de beneficencia, de no maleficencia y de justicia (Beauchamp & Childress 2013).

El ***principio de autonomía*** se centra en el concepto de la elección autónoma -intencional, informada y sin coerción- como reflejo de la dignidad y de la autodeterminación del individuo (Matiella Pineda 2003; Beauchamp & Childress 2013). Por lo tanto, prioriza los valores, las preferencias y los intereses del paciente o sujeto experimental en la toma de decisiones referentes a su salud y bienestar. Una de las condiciones esenciales para la aplicación del principio de autonomía en los seres humanos consiste en el derecho al *consentimiento informado* del sujeto, lo cual implica su autorización autónoma y voluntaria previa al procedimiento al que será sometido (Ferro et al. 2009; Beauchamp & Childress 2013; McCormick 2013).

No obstante, los seres vivos no humanos usados para la investigación y para la docencia en Biología no pueden expresar su consentimiento informado, dar a conocer explícitamente sus preferencias y elecciones, o comprender a cabalidad su situación y sus posibles consecuencias. Por ende, se les puede considerar como sujetos incapaces o incompetentes para fines prácticos, o bien, como pacientes morales u objetos de consideración moral. Un paciente moral es un individuo que recibe los efectos de las acciones de un agente capaz de tomar decisiones morales. Para algunos autores, el ser humano es el único agente moral; sin embargo, para otros el sólo hecho de sentir, de valorar positiva o negativamente los elementos del medio y de actuar en consecuencia le confiere a un organismo el estatus de paciente moral, mas no una verdadera relevancia o consideración moral (Velayos 1996; Leyton 2008). Por lo tanto, un agente moral tiene derechos y responsabilidades frente a otros agentes y a los pacientes morales, mientras que los pacientes morales sólo gozan de derechos.

Bajo el razonamiento anterior, quienes estudian la flora y la fauna silvestre -sujetos competentes y agentes morales- tienen el deber ético de tomar decisiones partiendo del estándar del mejor interés para los sujetos de estudio, su especie y el ecosistema como entidad compleja -sujetos incompetentes y/o pacientes morales-. Es decir, que el académico responsable y sus alumnos deben tener consideraciones éticas hacia los seres vivos y hacia los ecosistemas, así como basarse en información actualizada para desarrollar nuevos métodos que permitan acrecentar los acervos de conocimiento científico provocando el menor impacto posible. De igual manera, cuando no exista información suficiente para la toma de decisiones, deben considerar los intereses primarios o necesidades vitales de los individuos, como son la vida y la obtención de alimento y de refugio, por citar algunos ejemplos.

El ***principio de beneficencia*** se fundamenta en el utilitarismo y propone la realización de acciones que procuren el mayor bien para la mayor parte de los individuos, ya que ninguna acción está exenta de riesgos o de daños involuntarios (Beauchamp & Childress 2013). Dado que algunos de los métodos empleados en Biología tienen efectos adversos sobre los

sujetos de estudio, se considera que un estudio o proyecto cumplirá con el principio de beneficencia en tanto contribuya al bienestar de muchos más individuos de los que afecta - humanos y no humanos-, o al *télos* (véase glosario) de la especie de interés. Asimismo, debido a que es imposible evaluar con exactitud el impacto de la actividad humana sobre cada una de las poblaciones biológicas y sus beneficios netos sobre la comunidad, los profesionistas de la conservación y los alumnos pueden beneficiarlas indirectamente mediante la restauración del hábitat en la medida de lo posible.

El ***principio de no maleficencia*** parte de la máxima latina *primum non nocere*, es decir, ‘sobretudo, no hacer daño’ y es de carácter vinculatorio. Sin embargo, el principio de no maleficencia reconoce que, en ocasiones, hacer males menores -en tanto no sean males morales- puede justificarse si esto conlleva el logro de beneficios mayores, por lo que es necesario hacer un análisis costo-beneficio (Álvarez de la Cadena-Sandoval 2000; Ferro et al. 2009; Beauchamp & Childress 2013).

El principio de no maleficencia no se reduce a no hacer daño, sino que implica evitar el riesgo de daño. Por lo tanto, constituye la base de los principios de responsabilidad y de precaución. El ***principio de responsabilidad*** propuesto por Hans Jonas (1995) constituye un intento por conciliar el poder que resulta de los avances científicos y tecnológicos con el deber de usarlos adecuadamente para garantizar la supervivencia de los seres humanos actuales y de las generaciones futuras. Jonas abogaba por obrar de un modo compatible con la permanencia de lo que él llamó ‘una vida humana auténtica’, e incitaba a la gente a no arriesgar las condiciones o servicios ambientales necesarios para la continuidad indefinida de nuestra especie en la Tierra (Jonas 1995).

Por su parte, el ***principio precautorio*** establece que, en caso de que haya peligro de daño grave e irreversible, la ausencia de certeza científica absoluta no constituye una razón válida para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación (véase glosario) del ambiente (Organización de las Naciones Unidas. 1972). Parte del hecho de que los ecosistemas son altamente complejos y, por ende, siempre existe un componente de incertidumbre o de estocasticidad que debe considerarse al realizar evaluaciones de riesgo ambiental. Por ende, este principio no lidia con riesgos reales, sino con riesgos potenciales (Andorno 2004). Para que se pueda aplicar el principio precautorio, es necesario que se cumplan tres condiciones: a) la incertidumbre científica acerca del riesgo; b) la evaluación del riesgo de producción de un daño; y c) la perspectiva de un daño grave o irreversible (Facciano 2001; Andorno 2004). Dado que las actividades del personal involucrado en la investigación y en la docencia en Biología pueden tener efectos impredecibles sobre los sujetos de estudio y sobre el resto de la comunidad biótica, los participantes deben adoptar las medidas preventivas pertinentes para mitigar el posible impacto ecológico.



El *principio de justicia* reconoce que no existe la igualdad entre los seres vivos, por lo que se apoya en la noción de equidad para dar a cada quien lo que le corresponde (Matiella Pineda 2003; Beauchamp & Childress 2013). En el caso del estudio de los seres vivos, el principio de justicia implica reconocer que los ecosistemas se encuentran en una situación de vulnerabilidad frente a la actividad antropogénica. Por lo tanto, antes de plantear un proyecto de investigación o de organizar una salida al campo es necesario evaluar de manera crítica quién enfrentará los riesgos y quién recibirá los beneficios. Para que un estudio de Biología se considere justo, es necesario que los resultados beneficien directamente a las poblaciones o especies de interés.

### **1.3 Las principales corrientes dentro de la Ética Ambiental**

La Ética Ambiental es la disciplina filosófica que estudia la relación moral de los seres humanos con el ambiente, así como el valor y *status* moral de éste y de sus componentes no humanos (Brennan & Lo 2011). Los seres humanos asignamos distintos tipos de valor a las entidades naturales. Decimos que una entidad posee *valor intrínseco* o *inherente* cuando vale por sí misma, independientemente de la valoración de otro ser o de la existencia de otro sujeto que reconozca dicho valor. En contraste, el *valor extrínseco* está dado por la relación de un ser con otras cosas y se considera *instrumental* cuando sirve para la realización de los fines o de un estado de algo valioso (Velayos 1996).

Estas diferencias sustanciales en la valoración de la naturaleza han resultado en distintas corrientes dentro de la Ética Ambiental que difieren entre sí por los alcances de sus consideraciones morales y por su enfoque. Algunas de éstas son el antropocentrismo, el extensionismo, el zoocentrismo, el biocentrismo y el ecocentrismo u holismo ecológico. A continuación, se describirá cada una de estas corrientes y el pensamiento de sus principales exponentes.

El *antropocentrismo moral* se caracteriza por reconocer únicamente las obligaciones de los seres humanos hacia su propia especie; es decir, sostiene que las personas son tanto el sujeto como el objeto de la ética. Desde esta perspectiva, los ecosistemas son vistos como una fuente de recursos naturales cuantificables cuyo valor radica exclusivamente en la satisfacción de las necesidades humanas, por lo que la crisis ecológica actual se atribuye con frecuencia a esta visión (Rolston 2003; Leyton 2008).

El *extensionismo* amplía la esfera de consideración moral para abarcar a los animales y les asigna valor con base en los rasgos que comparten con los humanos (Leyton 2008). Uno de los primeros pensadores en fundamentar la igualdad moral entre los humanos y los animales fue el inglés Jeremy Bentham, quien afirmó que ‘la pregunta no es ¿Pueden razonar? ni ¿Pueden hablar?, sino ¿Pueden sufrir?’ (Bentham 1823). Posteriormente, el filósofo australiano y padre del movimiento de liberación animal Peter Singer retomó las ideas de Bentham y se basó en la evidencia fisiológica disponible para defender que los

‘animales no humanos’ son seres sensibles y, por ende, deben gozar de igualdad moral con respecto a los ‘animales humanos’. El principio de igual consideración de intereses propuesto por Singer establece que se deben evaluar los intereses morales relevantes de todos los animales -humanos y no humanos- que se verán afectados por determinada acción. Los intereses relevantes son aquellas características comunes a todos los animales -no implican un razonamiento- y que son susceptibles de compararse, como la necesidad de alimentarse, de refugiarse y de interactuar socialmente, pero, primordialmente, el interés de no sufrir. Por ende, el hecho de que los animales no humanos carezcan de algunas características que presentan los animales humanos o posean habilidades diferentes no le da a estos últimos el derecho de explotarlos o de ignorar sus intereses, sino que debe derivar en el reconocimiento de los derechos de todos los animales con base en el principio de universalidad. No obstante, la igualdad en la consideración moral no garantiza el mismo trato o los mismos derechos a los distintos seres. Asimismo, Singer considera que la rectitud de los actos se basa en sus consecuencias, por lo que justifica acciones como la experimentación animal (Leyton 2008; Singer 2011).

A diferencia de los filósofos extensionistas, los pensadores zoocéntricos como Tom Regan, Joel Feinberg y Gary Francione afirman que los animales deben considerarse un fin en sí mismos, y no sólo medios para obtener un fin (Regan 2007). El planteamiento deontológico propuesto por Regan y secundado por Feinberg le resta importancia a la sensibilidad como condición fundamental para conceder relevancia moral y derechos a los animales, y les asigna valor intrínseco por tener intereses propios y por ser ‘sujetos de una vida’. De acuerdo con Regan, un sujeto de una vida es aquél que posee creencias, deseos, percepción, memoria, una identidad psicofísica a través del tiempo y otros rasgos que denotan una vida emocional (Feinberg 1974; Regan 1983), por lo que sólo incluye a los mamíferos, las aves y algunos peces dentro de esta categoría (Leyton 2008). Por su parte, Gary Francione rechazó el bienestarismo (véase glosario) por considerarlo una instrumentalización atenuada de los animales y adoptó el abolicionismo para oponerse a su estatus de propiedad (Francione & Charlton 1992).

En contraste con la corriente anterior, el *biocentrismo* amplía el ámbito de la moral a todos los seres vivos, independientemente de si está demostrado o no que son sensibles. Aunque muchos autores afirman que los procariontes, los protozoarios, las algas, los hongos, las plantas y los animales ‘inferiores’ no pueden considerarse sujetos propiamente dichos, es indiscutible que resultan de procesos evolutivos complejos y que poseen intereses vitales que deben ser respetados tanto a nivel de individuo como de población y de especie biológica (Soulé 1985; Rolston 2003; Arellano & Hall 2012). Por lo tanto, el biocentrismo reconoce y respeta el valor intrínseco de cada organismo y sitúa al hombre como un elemento más de la biosfera en condiciones de igualdad con el resto de los seres vivos (Taylor 1995; Leyton 2008).

Uno de los representantes del biocentrismo es Albert Schweitzer, quien propuso la ética de la reverencia por la vida. Ésta reconoce que todos los seres vivos poseen una voluntad de vivir, buscan el placer y huyen del dolor, por lo que una ética verdadera debe basarse en el respeto por el carácter sagrado de la vida y en la responsabilidad hacia todos los seres vivos. Para Schweitzer, una persona ética tiene la obligación de ayudar y proteger a todas las formas de vida y de realizar una deliberación ética profunda antes de infligirles dolor (Schweitzer 1933).

Otro de los exponentes más conocidos del biocentrismo es Paul Taylor, quien se basó en conocimientos biológicos sólidos para sentar las bases de la actitud moral básica en cualquier ética biocéntrica: la actitud del respeto a la naturaleza. Para Taylor, todos los seres vivos son centros teleológicos que persiguen un bien propio, lo cual les confiere valor inherente y los convierte en dignos de consideración moral. Poseer un bien propio significa que un ser puede ser beneficiado o perjudicado por los agentes morales sin hacer referencia a otras entidades; es decir, que valen por sí mismos. El bien propio de los individuos consiste en su bienestar, su supervivencia y el desarrollo de sus potencialidades biológicas; en contraste, el bien propio de las poblaciones y de las comunidades bióticas está dado por el mantenimiento de su coherencia genética y ecológica a lo largo del tiempo, así como de un nivel óptimo en el bien promedio de los individuos que las componen. Por lo tanto, de acuerdo con esta postura las entidades biológicas no tienen que tener sensaciones, sentimientos, conocimientos o deseos para merecer consideraciones morales (Taylor 1995).

El *ecocentrismo* u *holismo ecológico* parte de una crítica hacia la noción antropocéntrica de la naturaleza como un recurso y se vale de un enfoque sistémico para abordar la complejidad de las interacciones ecológicas. Desde la perspectiva ecocéntrica, la naturaleza constituye una unidad en virtud de la interdependencia de los seres vivos y de los elementos abióticos. Por lo tanto, los organismos sólo pueden definirse en función de las relaciones que establecen con los otros componentes del medio (*relacionismo*). Asimismo, todas las entidades vivas y no vivas poseen valor intrínseco y gozan de igualdad como resultado de estas interacciones (*igualitarismo biosférico*). En consecuencia, el holismo ecológico atribuye un valor superior a las especies, a los ecosistemas y al llamado ecosistema global que a los individuos, por lo que procura mantener su integridad y estabilidad (Leyton 2008; Arellano & Hall 2012).

El holismo se desarrolló a partir de las ideas planteadas por Aldo Leopold, que es considerado como el padre de la Ética Ambiental moderna. En su obra “A Sand County Almanac” (1949), propuso la ética de la tierra, la cual dispone que una acción es buena en tanto permita preservar la integridad, la estabilidad y la belleza de la comunidad biótica (Leopold & Schwartz 1949; Meine 2010). Esta ética es profundamente relacionista y le asigna valor tanto a los productos -seres vivos y elementos abióticos del medio- como a los procesos -interacciones ecológicas, relaciones tróficas, procesos evolutivos, ciclos

biogeoquímicos (véase glosario) y fenómenos atmosféricos- (Rolston 2003). De igual manera, propone que, si bien los instintos de los individuos los impelen a competir, su ética los incita a cooperar. Además, plantea la existencia de una ‘pirámide biótica’ cuya base está constituida por los elementos abióticos que sustentan la existencia de los productores, los consumidores y los descomponedores (Leopold & Schwartz 1949).

Otro autor relevante dentro del ecocentrismo es Holmes Rolston III, quien reconoció la importancia de las especies y de los ecosistemas como productos de una historia evolutiva compleja que se mantienen a lo largo del tiempo. Para Rolston, los ecosistemas no sólo tienen valor intrínseco e instrumental, sino que poseen un valor sistémico añadido como resultado de las relaciones entre sus componentes. Por lo tanto, los ecosistemas presentan un *télos* colectivo que persigue su desarrollo y su permanencia en el tiempo (Rolston III 1994). Rolston también sostenía que la capacidad exclusiva de los seres humanos para visualizar la complejidad de los sistemas de manera global les generaba una responsabilidad sobre el resto de la comunidad biótica (Leyton 2008).

James Lovelock fue uno de los autores que adoptó la noción de un ecosistema global caracterizado por su organización y orientación ecológica y evolutiva a lo largo del tiempo. Partiendo de un modelo orgánico, Lovelock formuló la hipótesis de Gaia, llamada así en honor a la diosa griega de la Tierra. Esta hipótesis establece que nuestro planeta se comporta como un ser vivo y es capaz de autorregularse y de modificar activamente sus condiciones ambientales para permitir el desarrollo de la vida. Por lo tanto, propone que los seres vivos no sólo se adaptan al entorno físico y químico, sino que adquirieron la capacidad de cambiarlo desde una etapa temprana del proceso evolutivo (Lovelock 1972). Posteriormente, esta hipótesis fue ampliada por los descubrimientos de Lynn Margulis y actualmente se utiliza para estudios con un enfoque sistémico (Margulis 1995).

Por su parte, J. Baird Callicott centró su ética en la relevancia moral de las relaciones energéticas que existen entre los miembros del ecosistema global, ya que estas relaciones son las que le permiten a los distintos organismos conservar la vida. Inicialmente, Callicott planteó que la naturaleza es indiferente a la vida individual y que es el *télos* de la especie el que posee valor inherente, por lo que rechazó el extensionismo y el zoocentrismo (Callicott 1980). No obstante, posteriormente desarrolló una teoría moral biosocial basada en el altruismo y en la simpatía según la cual los seres humanos formamos parte de una serie de comunidades anidadas que difieren en sus requerimientos morales en función de las diferencias en su estructura. Esto implica que los seres humanos tenemos obligaciones distintas hacia nuestra comunidad mixta compuesta por otros seres humanos y por animales domésticos que hacia las comunidades bióticas, cuyo bien radica en que se permita a los seres ocupar plenamente su nicho ecológico (Callicott 1989).

Una de las vertientes más radicales dentro del ecocentrismo consiste en la ecología profunda propuesta por Arne Naess, la cual establece la necesidad de reestructurar completamente los modos de producción actuales y nuestras instituciones sociales, políticas y económicas para que sean compatibles con la integridad de los ecosistemas. Al igual que el resto de las posturas holísticas ecológicas, la ecología profunda defiende el relacionismo y el igualitarismo biosférico de todos los seres vivos independientemente de su aparente complejidad (Naess 1973; Brennan & Lo 2011; Arellano & Hall 2012). Asimismo, esta postura entraña el respeto al valor intrínseco de la diversidad y de la riqueza específica de las comunidades bióticas. Por lo tanto, los seres humanos no deben llevar a cabo acciones que vulneren dicha diversidad y riqueza a menos que sea para la satisfacción de sus necesidades primarias o vitales (Outón de la Garza s. f.; Leyton 2008; Drengson 2012). Uno de los aspectos más controversiales de la ecología profunda consiste en que ésta se reviste de fuertes tintes metafísicos y cosmológicos al afirmar que los seres humanos deben alcanzar un estado de identificación pleno con todas las entidades naturales -desde las especies hasta los paisajes- llamado el 'yo expansivo', el cual consiste en la eliminación de las fronteras entre lo humano y lo no humano (Naess 1973).

A pesar de que el ecocentrismo refleja con mayor fidelidad la complejidad de los ecosistemas dado que reconoce la importancia de las relaciones y de los procesos ecológicos, esta corriente posee algunas desventajas. Una de las principales críticas a las posturas holísticas consiste en que niegan el valor de los individuos hasta el punto de considerarlos desechables, puesto que pueden ser reemplazados sin afectar la integridad del sistema. Asimismo, rechazan la importancia del ser humano como agente moral con capacidad transformativa (Ferry 1994), por lo que pueden incurrir en lo que Tom Regan llamó 'fascismo ecológico' (Regan 1983). Por otro lado, las éticas holísticas suelen pasar por alto la estocasticidad característica de los fenómenos biológicos y ecológicos, además de que son demasiado generales como para ser operativas.

#### **1.4 La Ética Ecológica**

La crisis ecológica que enfrentamos en la actualidad demanda que las contribuciones de la Bioética y de la Ética Ambiental se cristalicen en directrices éticas de acción que permitan la resolución de los problemas prácticos que surgen durante el estudio y el manejo de los seres vivos en campo. Sin embargo, aunque la Bioética y la Ética Ambiental contribuyen al desarrollo de marcos éticos fundamentales en materia ambiental, ambas corrientes poseen importantes limitaciones. Si bien la Bioética se caracteriza por su enfoque práctico y por su presencia generalizada en las instituciones de investigación, a partir de la década de 1970 se enfocó principalmente en la práctica médica y en la biomedicina, por lo que no fue hasta fechas recientes que retomó su enfoque holístico inicial (Outón de la Garza s. f.; Viesca-Treviño 2008). En contraste, aunque el objeto de estudio de la Ética Ambiental es la relación del ser humano con el medio natural, esta disciplina posee un carácter casi estrictamente teórico, por lo que posee pocas aplicaciones prácticas.

Aunado a esto, hasta la fecha los bioeticistas y los eticistas ambientales no han alcanzado un consenso significativo sobre el estatus moral de los seres vivos no humanos, las especies, las comunidades y los ecosistemas, lo cual se refleja en conflictos de intereses que dificultan el estudio, el manejo y la conservación de los seres vivos y de su entorno (Callicott 1980; Parris et al. 2010). Además, los biólogos deben tomar en cuenta el valor científico del estudio, sus costos y sus posibles beneficios para los seres humanos durante sus deliberaciones éticas (Minteer & Collins 2005a, 2005b; Parris et al. 2010).

En vista de que la investigación y la enseñanza de la Biología; así como el manejo de vida silvestre entrañan dilemas éticos particulares que requieren de consideraciones propias, Ben Minteer y James Collins propusieron la necesidad de recurrir a una nueva rama de la ética aplicada que integre la Bioética, la Ética Ambiental, la ética de la investigación y la ética normativa (véase glosario) para la formulación de un marco ético aplicable a situaciones concretas. Esta disciplina es la Ética Ecológica, y puede utilizarse para resolver problemas éticos de distinta índole como el establecimiento de prioridades de conservación, la creación de áreas protegidas, la reintroducción de especies y el control biológico de especies. Asimismo, permite solucionar las controversias que resultan del estudio de los ambientes naturales, lo cual es imprescindible para que los estudiantes de biología adquieran los conocimientos y las habilidades necesarias para su vida profesional (Minteer & Collins 2005a, 2005b). Debido a su carácter práctico, la Ética Ecológica no sólo toma en cuenta los intereses y el bienestar de los individuos, de las especies y de los ecosistemas, sino que contempla otros factores como los costos de los estudios, el equipo disponible, el esfuerzo de muestreo necesario y el valor esperado de los datos, entre otros (Parris et al. 2010), lo que le confiere operatividad en situaciones reales.

En los dos próximos capítulos se analizarán las aplicaciones de la Ética Ecológica en las prácticas de campo con el fin de propiciar la buena *praxis* de los académicos y de los alumnos de la licenciatura en Biología que se imparte en la Facultad de Ciencias de la UNAM, así como de prevenir aquellas conductas que perturban innecesariamente a los ecosistemas o que afectan el bienestar de los seres vivos.

## **CAPÍTULO II**

### **La Ética Ecológica aplicada a las prácticas de campo de Biología**

#### **2.1 Los efectos de las prácticas de campo sobre los ecosistemas**

Los biólogos se encargan, entre otras funciones, de llevar a cabo estudios que proporcionen información valiosa sobre la estructura, el funcionamiento, la conducta, la evolución, la distribución y las interacciones de los seres vivos entre sí y con el medio físico. Dichos estudios deben efectuarse bajo estrictos lineamientos éticos que reflejen el gran compromiso y responsabilidad de los investigadores y de los estudiantes hacia su objeto de estudio. Sin embargo, es imposible evitar en su totalidad las alteraciones provocadas por las visitas humanas a los sitios de estudio. El impacto de las prácticas de campo sobre los ecosistemas es multifactorial y depende de la naturaleza, de la intensidad, de la frecuencia y de la duración de los disturbios generados; de la resiliencia y de la resistencia de las comunidades bióticas; del estatus de riesgo de las especies; de las características particulares de la flora y fauna silvestre -a nivel de individuo, de población y de especie-; y de las condiciones del medio, entre otros (Mathieson & Wall 1982; Begon et al. 2006; Marion & Wimpey 2007). Asimismo, hay periodos críticos en el ciclo de vida de las especies -época de apareamiento, de anidación, de cuidados parentales, entre otros- durante los cuales éstas son más vulnerables, por lo que las perturbaciones (véase glosario) pueden afectar el éxito reproductivo y la supervivencia de los individuos (Roe et al. 1997). Por ende, es indispensable considerar todos estos factores al planear las salidas al campo y organizarlas de modo que los disturbios generados no superen la capacidad de recuperación de los ecosistemas y de las especies que forman parte de ellos.

Los efectos de los académicos y de los estudiantes -también referidos de ahora en adelante como los participantes o el personal involucrado- sobre la vida silvestre durante las prácticas de campo pueden ser directos o indirectos. Los efectos directos incluyen alteraciones en los patrones de alimentación y de reproducción de los organismos, el aumento en la vulnerabilidad frente a los depredadores y los competidores, la transmisión de enfermedades entre las poblaciones biológicas, y la muerte de los individuos, entre otros. Los efectos indirectos, por su parte, se refieren a las alteraciones sobre los distintos elementos del hábitat como el suelo y los sistemas acuáticos, por citar algunos ejemplos (Cole & Landres 1995).

Cabe mencionar que en el caso particular de la fauna silvestre, el impacto de los participantes sobre la densidad poblacional (véase glosario) y sobre la conducta de los animales parece ser especie-específico, y no siempre es perjudicial para la especie en cuestión. Por el contrario, algunas especies se ven favorecidas por la presencia humana ya que ésta ahuyenta a sus depredadores o competidores (Stephenson 1993; Hidinger 1996). Aunado a esto, los efectos de las actividades realizadas durante las prácticas de campo varían entre individuos, por lo que resulta difícil determinar la magnitud de su impacto

sobre las poblaciones (Vaske et al. 1995). Tal es el caso de los cambios de hábitos de algunos organismos producto de la presencia humana (Griffiths & Van Schaik 1993). Por otra parte, en los animales altamente sociales con jerarquías bien delimitadas, el daño o la remoción de algunos individuos clave puede trastocar el funcionamiento social y provocar la disolución de los grupos familiares con sus implícitas consecuencias (Roe et al. 1997).

Los efectos de las prácticas de campo no sólo se manifiestan sobre los sujetos de estudio, sus poblaciones y su hábitat, sino que inciden sobre los demás componentes de las comunidades bióticas a través de sus interacciones, por lo que es importante sopesarlos al tomar decisiones en campo. No obstante, resulta imposible determinar el impacto del personal involucrado sobre los ecosistemas, ya que no hay métodos capaces de evaluar todas las relaciones de competencia, depredación (véase glosario), mutualismo (véase glosario) y comensalismo (véase glosario) que se dan entre los seres vivos ni su importancia relativa para la dinámica de las comunidades (Soberón Mainero 2002).

Empero, la ausencia de conocimientos científicos y de métodos adecuados para evaluar el impacto total de las prácticas de campo sobre los ecosistemas no dispensa la adopción de medidas preventivas destinadas a preservar las condiciones naturales de los sitios de estudio y el bienestar de los seres vivos que habitan en ellos. Por lo tanto, es necesario revisar aquellas acciones u omisiones con las que los docentes y los estudiantes de Biología incurren en la mala *praxis* antes, durante y después de la realización de una práctica de campo, así como las medidas establecidas en el “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” para evitarlas o mitigarlas.

### **2.1.1 Ejemplos de la mala *praxis* en los preparativos previos a las prácticas de campo**

Las prácticas de campo requieren de una serie de preparativos previos a la visita de los sitios de estudio. Estos preparativos incluyen el planteamiento de la práctica -es decir, la formulación de la justificación, los objetivos, la hipótesis y los métodos de muestreo y de análisis de datos-, la capacitación oportuna del personal involucrado y la obtención de los permisos correspondientes para llevar a cabo las actividades en campo. Es importante comprender que si los participantes no sientan las bases éticas de sus estudios desde esta primera etapa, esto se reflejará en una mala *praxis* durante las actividades en campo, lo cual repercutirá negativamente sobre su objeto de estudio y sobre los resultados obtenidos.

En primera instancia, la mala *praxis* previa a las visitas al campo puede presentarse cuando los académicos omiten la justificación académica, pedagógica y ética en las solicitudes para la realización de las prácticas, lo cual impide que éstas contribuyan a la formación integral de los biólogos. Es decir, que todo estudio que carezca de una probabilidad alta de enriquecer el aprendizaje de los estudiantes, o bien, que afecte de manera irreversible a los ecosistemas será inválido para fines de docencia -mas no necesariamente de investigación- (Festing & Altman 2002). Con el fin de prevenir este ejemplo de mala *praxis*, el



Reglamento de la Facultad de Ciencias estipula que las solicitudes de práctica de campo deben incluir los objetivos y la justificación académica para la elección de los sitios de estudio, las actividades y los métodos que se implementarán (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Sin embargo, es necesario que se agregue una justificación ética basada en un análisis de riesgo que evalúe los costos potenciales que enfrentarán los sujetos de estudio y los ecosistemas con respecto a los posibles beneficios para la formación de los alumnos.

Otro posible error durante el planteamiento de las prácticas de campo consiste en la elección de métodos altamente ineficientes, invasivos y perjudiciales para los seres vivos y para los ecosistemas. Esto no sólo atenta contra la estabilidad ecológica, sino que genera resultados sesgados debido al efecto de la presencia y de las actividades humanas sobre los individuos y las comunidades bióticas (Farnsworth & Rosovsky 1993). Si bien el trabajo en campo se caracteriza por un elemento de incertidumbre que puede derivar en la modificación o adaptación de las actividades y de los métodos propuestos originalmente, los cambios en el diseño experimental deben atenerse a lineamientos éticos en la medida de lo posible. Más adelante se especificarán algunas consideraciones indispensables para la ejecución de los métodos de estudio de la biodiversidad en campo. No obstante, es importante hacer énfasis en que, independientemente de los métodos elegidos, los participantes deben capacitarse adecuadamente para disminuir o evitar los efectos adversos de los estudios sobre su integridad física y la de los organismos (Rovirosa-Hernández et al. 2013).

La falta de los permisos necesarios para llevar a cabo las distintas actividades de las prácticas de campo constituye otro ejemplo de la mala *praxis* previa a las salidas al campo. Esto no sólo se contrapone con el ejercicio ético de los participantes, sino que los puede hacer sujetos a sanciones legales así como exponerlos a conflictos con las comunidades locales. Por lo tanto, el Reglamento de la Facultad de Ciencias establece que los académicos deben gestionar las autorizaciones pertinentes ante la institución educativa en cuestión, ante las dependencias gubernamentales correspondientes y ante las autoridades competentes (ARENA & OLAW 2002; “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012).

Aunque la gestión de los permisos correspondientes debe incluir la comunicación con las autoridades de los sitios de estudio, muchos académicos y estudiantes omiten la vinculación con las comunidades locales e ignoran sus códigos morales, lo cual resulta absolutamente contraproducente. La falta de respeto y de consideración por el contexto sociocultural de la localidad en la que se va a trabajar dificulta la obtención de información indispensable para la conservación de las especies de flora y fauna silvestre y puede predisponer a los miembros de la comunidad en contra de los biólogos y conservacionistas. Por ende, el Reglamento de la Facultad de Ciencias estipula que en caso de visita a comunidades

indígenas y/o campesinas, los participantes deben informarse previamente sobre sus usos, costumbres y reglas (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Asimismo, es recomendable que, en la medida de lo posible, les comuniquen con anticipación los objetivos y las actividades que se realizarán durante la práctica de campo, haciendo hincapié en los beneficios ecológicos y no en los económicos para no fomentar el tráfico ilegal de especies y la desconfianza hacia los biólogos. El personal involucrado debe tener presente en todo momento que no sólo va en representación de su grupo de trabajo, sino de la institución educativa a la que pertenece y de su misma profesión, por lo que sus acciones repercuten sobre sus colegas y sobre su objeto de estudio (Farnsworth & Rosovsky 1993).

Finalmente, los académicos deben asegurarse de que los alumnos conocen las medidas mínimas necesarias para garantizar la seguridad de todos los participantes de la práctica y para evitar incurrir en conductas inapropiadas que vulneren el buen nombre de la institución académica a la que representan. Por lo tanto, el Reglamento de la Facultad de Ciencias estipula que, antes de salir al campo, los alumnos deben expresar por escrito su entendimiento y aceptación de los lineamientos contenidos en él y de la información relevante para la práctica. No obstante, el Reglamento también establece que los estudiantes que no estén de acuerdo con sus disposiciones pueden abstenerse de salir al campo, por lo que es obligación del docente proponer una actividad alternativa que les permita reponer su calificación. La relevancia de este punto radica en que el Reglamento no especifica ni hace distinciones entre las causas por las que los alumnos pueden negarse a firmar su aceptación. Por lo tanto, éstos pueden apelar a la objeción de conciencia si consideran que los métodos empleados son poco éticos o que los beneficios académicos obtenidos son menores que los efectos adversos sobre los seres vivos y el medio (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012).

Una vez descritas las principales consideraciones ético-ecológicas respecto a los preparativos previos a las prácticas de campo, es necesario profundizar en las cuestiones correspondientes a la ejecución de las actividades en los sitios de estudio. A continuación se exponen algunos ejemplos de la mala *praxis* de los académicos y de los estudiantes durante las prácticas de campo.

### **2.1.2 Ejemplos de la mala *praxis* durante las prácticas de campo**

Durante las prácticas de campo, los académicos y los estudiantes llevan a cabo distintas acciones voluntarias o involuntarias que pueden repercutir en mayor o menor medida sobre los seres vivos y el ambiente. Aunque el Reglamento de la Facultad de Ciencias establece que el personal involucrado debe evitar el deterioro innecesario de los ecosistemas naturales, éste no especifica cuáles son las prácticas que provocan dicho deterioro ni qué medidas pueden adoptar los participantes para reducir su impacto (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Por lo tanto,

a continuación se describen algunas acciones que afectan negativamente a los ecosistemas y las formas para evitar, disminuir o mitigar sus efectos:

### ***La apertura, la ampliación, el mantenimiento y el uso de senderos***

El impacto ecológico de la apertura, la ampliación, el mantenimiento y el uso de los senderos depende de la cantidad de personas que los transitan, de la frecuencia con que son utilizados, de las características del suelo, y de la composición, resistencia y resiliencia de las comunidades bióticas, entre otros factores. Por ende, aunque los senderos usados por los participantes pueden tener efectos mínimos o despreciables en algunos sitios de estudio, en otros pueden repercutir gravemente sobre el ecosistema. En el caso de la flora silvestre, la pérdida total o parcial de la cobertura vegetal que se presenta en los senderos provoca cambios en el microclima (véase glosario) -incremento en la incidencia de luz solar y de lluvia sobre el suelo por la reducción en la intercepción del dosel, disminución de la humedad, alteración de la temperatura y aumento en la intensidad del viento-, los cuales se traducen en la modificación de la composición específica de las comunidades vegetales. Esto se refleja en el predominio de los pastos y de las ciperáceas en los senderos, ya que estas plantas requieren de más luz y son más resistentes a cambios en las condiciones ambientales que las especies leñosas y tolerantes a la sombra (Dale & Weaver 1974; Cole 1978; Tonnesen & Ebersole 1997; Jordan 2000; Marion & Wimpey 2007).

La pérdida de la cobertura vegetal también puede afectar al suelo mediante la erosión (véase glosario) del terreno (Dale & Weaver 1974; Cole 1978; Marion & Wimpey 2007), ya que las raíces de las plantas absorben el exceso de agua y se adhieren a las partículas del suelo. Por lo tanto, la falta de organismos vegetales puede derivar en problemas para retener el suelo y propicia su deslave. Además, tanto las raíces como la parte aérea de las plantas actúan como una estructura que amortigua el impacto de los agentes erosivos (Valdés 2010). Sin embargo, cabe mencionar que existen otras acciones ajenas a los senderos que pueden propiciar la erosión durante las prácticas de campo, como son la meteorización (véase glosario) mecánica de las rocas para la obtención de muestras paleontológicas y geológicas y la colecta indiscriminada de organismos vegetales.

Por otro lado, el tránsito abundante y constante por los senderos puede generar la compactación del suelo, lo cual disminuye sus tasas de infiltración, de drenaje y de aireación. Esto repercute de manera negativa sobre el crecimiento de las raíces, ya que éstas necesitan de los macroporos del suelo para recibir agua y oxígeno (DeJong-Hughes 2009). Aunado a esto, el pisoteo o ‘trampling’ daña los órganos de las plantas y el cuerpo fructífero de los hongos, por lo que provoca la reducción de la altura de la vegetación (Leung & Marion 1996).

Con respecto a la fauna silvestre, la creación y el uso de senderos pueden afectar el comportamiento de las especies animales de distintas maneras. Uno de los principales

cambios se observa en los patrones de alimentación de los individuos, puesto que éstos se modifican cuando la vegetación natural se pierde o las presas se alejan de los senderos en busca de condiciones más propicias. Por consiguiente, para adaptarse a estas alteraciones, los animales pueden desplazarse para mantener su dieta tradicional o habituarse a las nuevas fuentes de alimento que resultan de los cambios en la estructura de la comunidad biótica (Griffiths & Van Schaik 1993; Meaney et al. 2002). Asimismo, el tránsito constante por los senderos puede afectar el éxito reproductivo de los organismos. Por ejemplo, existen algunos estudios que demuestran alteraciones en los patrones y en el éxito de anidación de distintas aves (Miller & Hobbs 2000), así como en el comportamiento reproductivo de algunas especies de mamíferos (Fairbanks & Tullous 2002) debido al estrés ocasionado por recorridos humanos constantes a lo largo de los senderos.

Los animales también pueden desarrollar cambios conductuales para evitar los senderos debido a la presencia humana. Entre estas estrategias se encuentran la evasión de zonas con mucho tránsito humano, modificaciones en el periodo de actividad (Griffiths & Van Schaik 1993) y cambios en la emisión de vocalizaciones o u otros sonidos para comunicarse (Razafimahaimodison 2003; Karp & Root 2009). Sin embargo, otros animales son capaces de habituarse a la presencia humana como producto del contacto prolongado, por lo que la disminución de la presión de sus depredadores en áreas con abundante tránsito de personas puede provocar el aumento de sus poblaciones (Hidinger 1996). Tal es el caso de algunas aves (Müllner et al. 2004) y primates (Stephenson 1993; Hidinger 1996). Las consecuencias secundarias derivadas de la presencia de las personas en las localidades, como son el incremento en los niveles de ruido, la presencia de residuos sólidos (basura inorgánica) y otros contaminantes pueden ser agentes causales de la modificación de la conducta de los animales (Grossberg et al. 2003). Esto repercute en la validez de los datos obtenidos al hacerlos incomparables e impedir su extrapolación a las poblaciones libres de la influencia de las actividades humanas.

Por lo tanto, los participantes deben remitirse al tránsito por los senderos preexistentes siempre que esto sea posible. En caso de que sea necesario crear nuevos senderos, éstos deben tener una amplitud reducida y estar lo suficientemente alejados de zonas indispensables para las etapas críticas del ciclo de vida de algunas especies, como son el apareamiento y la anidación, entre otras. Por otro lado, al recorrer los senderos, el personal involucrado debe evitar actos que perturben o alteren la conducta de los organismos de manera evidente (Bezanson et al. 2013). Sin embargo, cabe mencionar que esto no siempre es recomendable por cuestiones de seguridad. Tal es el caso de los sitios de estudio en los que abundan las serpientes, ya que los ruidos excesivos ahuyentan a estos animales y disminuyen considerablemente el riesgo de un accidente. Finalmente, los académicos y los alumnos deben comprometerse a remover las marcas de los senderos al finalizar los estudios para disminuir su visibilidad.

### ***La introducción de especies invasoras***

La introducción de especies invasoras es otra consecuencia grave de la mala *praxis* de los académicos y de los alumnos en campo y se presenta cuando una especie exótica (véase glosario) es capaz de sobrevivir, establecerse, reproducirse y proliferar fuera de su hábitat natural (CONABIO 2014). Las especies invasoras representan un gran riesgo para la biodiversidad debido a que carecen de competidores y depredadores naturales, así como de las condiciones ambientales que regulan sus poblaciones en su hábitat natural. Por lo tanto, provocan la exclusión competitiva (véase glosario) y el desplazamiento de nicho (véase glosario) de las especies nativas, la extinción de poblaciones silvestres, la transmisión de enfermedades a los seres humanos y a otras especies, y graves desequilibrios ecológicos producto de cambios en la riqueza, la abundancia, la estructura, la composición y el funcionamiento de las comunidades bióticas (Mooney & Cleland 2001; CONABIO 2014). Asimismo, pueden repercutir sobre importantes procesos evolutivos debido a la hibridación (véase glosario), a la introgresión (véase glosario) y a la reducción de la diversidad genética ocasionada por la extinción de algunas poblaciones (Mooney & Cleland 2001).

Por lo tanto, antes de salir al campo, los académicos y los estudiantes deben informarse acerca de las especies invasoras más comunes en los sitios donde se realizará la práctica de campo, así como de sus principales características biológicas y ecológicas y de sus posibles rutas de dispersión con el fin de evitar las temporadas y los micrositios con mayor riesgo de invasión. Del mismo modo, deben analizar qué acciones incrementan el riesgo de las invasiones biológicas (Washington Invasive Species Council s. f.).

Otra actividad que puede propiciar las invasiones biológicas es el transporte accidental de esporas, semillas, fragmentos, huevos u organismos microscópicos contenidos en el material y equipo de campo, así como en el sedimento incrustado en las llantas de los vehículos. Para evitar el transporte involuntario de material biológico de un sitio a otro y a lo largo del trayecto que los separa, es recomendable limpiar cuidadosamente los materiales y el equipo en el sitio de estudio antes de desplazarse a la siguiente localidad (Animal Research Review Panel 2015). La limpieza del equipo se puede realizar con agua caliente u otros métodos descontaminantes como el secado, el congelamiento o la aplicación de sustancias químicas como el peróxido de hidrógeno. Sin embargo, es indispensable que estos métodos sean inocuos o provoquen el menor daño posible a los ecosistemas. Por lo tanto, es posible considerar alternativas a la desinfección del material como el uso de equipo particular para cada localidad, o bien, el empleo de materiales desechables biodegradables y fotodegradables siempre que esto sea posible. Aunque la compra de equipo exclusivo para cada sitio de estudio puede tener un costo elevado, constituye la mejor medida si el riesgo de invasión biológica es alto (Washington Invasive Species Council s. f.).

Dado que las especies invasoras pueden ser microorganismos patógenos presentes en los sujetos experimentales (e.g., el hongo *Pseudogymnoascus destructans* causante del Síndrome de la Nariz Blanca de los murciélagos), si la práctica de campo requiere del manejo directo de los organismos es necesario que los académicos y los alumnos usen guantes o equipo protector desechable o susceptible de ser desinfectado (Herbst, Lawrence & Jacobson, Elliot 2015). En caso de que los objetivos contemplen la extracción de muestras biológicas -órganos, tejidos y cadáveres-, los participantes deben esterilizar adecuadamente los objetos punzocortantes -jeringas con agujas desechables, navajas, lancetas y bisturís- antes y después de usarlos, o bien, emplear materiales desechables particulares para cada individuo con el fin de evitar la transmisión de enfermedades entre organismos y poblaciones.

No obstante, cuando el riesgo de una invasión biológica sea muy alto -es decir, que las especies exóticas de los sitios de estudio tienen un gran potencial de introducción, de establecimiento y de dispersión-, los académicos y los alumnos deben procurar abstenerse de coleccionar muestras biológicas. En vez de esto, deben considerar trabajar en el hábitat natural de la especie de interés para evitar transportar organismos involuntariamente. Cuando esto no sea posible, deben trasladar las muestras cuidadosamente a instalaciones acondicionadas para contener especímenes con gran potencial de dispersión.

### ***La obtención de beneficios no académicos y el tráfico ilegal de especies***

La obtención de beneficios no académicos y el tráfico ilegal de especies son otros ejemplos de mala *praxis* que se pueden presentar durante las prácticas de campo y que repercuten gravemente sobre la biodiversidad. Actualmente, la vida silvestre se utiliza para satisfacer las demandas de la población humana mundial respecto a recursos tales como el alimento, el forraje, el combustible, el material de construcción, el vestido, los medicamentos, la recreación, las mascotas, los ornamentos, los ejemplares de colección y los artículos rituales, entre otros (TRAFFIC 2008). Su explotación puede realizarse para el autoconsumo o para el comercio, siendo éste último el que ejerce una presión mayor sobre las comunidades bióticas (TRAFFIC 2008; World Wildlife Fund 2015).

Desafortunadamente, hoy en día gran parte del comercio de vida silvestre consiste en el tráfico ilegal de especies, el cual constituye la segunda causa de extinción de las especies biológicas después de la pérdida de hábitat (World Wildlife Fund 2015). Además de atentar directamente contra el bienestar de los individuos, las técnicas de captura y de extracción ilegal de los organismos suelen ser perjudiciales para su medio y para las comunidades biológicas a las que pertenecen. Esto se debe a que los traficantes requieren de la apertura de senderos para acceder a los sitios en los que se encuentran los organismos de interés, o bien, emplean métodos no específicos que pueden ocasionar la muerte de otras especies carentes de importancia comercial (TRAFFIC 2008; World Wildlife Fund 2015). Además, en el caso de animales sociales, la extracción de los individuos suele conllevar la disrupción

y/o eliminación de sus grupos familiares (Gobush et al. 2008). Esta situación se agrava cuando el tráfico ilegal se realiza con especies clave que desempeñan un papel importante en la estructura de las comunidades, o bien, que forman parte de interacciones ecológicas muy estrechas y especializadas, tales como el mutualismo obligado que ocurre entre algunas plantas y sus polinizadores.

Durante las prácticas de campo, los académicos y los alumnos frecuentemente visitan sitios de estudio en los que habitan especies raras -poco comunes y de avistamiento infrecuente- o en riesgo que resultan atractivas por sus características morfológicas, fisiológicas o conductuales. Por ende, deben considerar todas aquellas acciones voluntarias o involuntarias que pueden facilitar la extracción y el posterior tráfico ilegal de flora y fauna silvestre al momento de planear las prácticas. Tal es el caso de las consideraciones éticas referentes a los senderos que se mencionaron con anterioridad. Aunado a esto, si los participantes requieren de guías locales que los ayuden a encontrar especies raras, deben ser cuidadosos de no fomentar la extracción de flora y fauna silvestre por parte de éstos (Bezanson et al. 2013).

Una vez en campo, los participantes deben abstenerse de extraer injustificada y/o ilegalmente flora y fauna silvestre -o material paleontológico- para la obtención de beneficios no académicos -especies de compañía, ornamentos, recuerdos u otros- o comerciales. Esto no sólo es importante por las consideraciones éticas y ecológicas antes mencionadas, sino por sus implicaciones legales, ya que la licencia de colector científico únicamente le concede a su titular, alumnos y asociados la autorización para coleccionar material biológico con fines de investigación científica (NOM-126-SEMARNAT-2000 2000).

### ***La disposición inadecuada de los residuos***

La disposición inadecuada de los residuos también constituye un ejemplo de mala *praxis* en campo y puede afectar a los seres vivos y al ambiente de distintas maneras. Una de las más evidentes se presenta cuando los animales se enredan con los residuos o los ingieren directamente, lo cual puede provocar su muerte (Science for Environmental Policy 2011). De igual manera, la disposición inadecuada de los residuos biológicos infecciosos puede facilitar la transmisión de enfermedades entre individuos o poblaciones (CONABIO 2014).

Los residuos también pueden afectar a los seres vivos mediante cambios en las características del hábitat que alteran el funcionamiento de los ecosistemas y la dinámica de las comunidades bióticas. Por ejemplo, cuando una o varias capas de desechos se depositan sobre una superficie, éstas pueden interferir con el intercambio gaseoso en esa área y provocar condiciones de hipoxia o anoxia que son perjudiciales para muchos seres vivos (Goldberg 1997). En el caso de los ecosistemas terrestres, esto ocasiona la obstaculización de la incidencia de la luz solar y de la lluvia sobre el suelo. Asimismo, los compuestos

tóxicos provenientes de dichos desechos se pueden infiltrar en el suelo, donde provocan la pérdida de nutrientes y la contaminación de los mantos freáticos. Estos compuestos tóxicos también pueden ser absorbidos por las plantas a través de sus raíces, por lo que comprometen la salud de toda la comunidad biótica debido a las relaciones tróficas entre los organismos.

Por otro lado, las sustancias tóxicas que se incorporan a los ecosistemas acuáticos alteran la composición química del agua y afectan a los organismos que dependen de ella para su subsistencia (Science for Environmental Policy 2011). No obstante, los residuos también pueden crear superficies artificiales que favorezcan la instalación de algunos organismos pero perjudiquen a otros (e.g. los organismos enterradores) (Katsanevakis et al. 2007; Gregory 2009).

En consecuencia, los profesores responsables y los alumnos deben consultar los protocolos de bioseguridad (véase glosario) vigentes antes de salir al campo con el fin de informarse acerca de los métodos adecuados para la disposición de los distintos tipos de residuos. Esto implica que los participantes deben ser capaces de identificar, almacenar temporalmente y transportarlos desechos a lugares que posean las instalaciones para tratarlos y/o eliminarlos correctamente (SEMARNAT 2003). Asimismo, deben generar la menor cantidad posible de desechos y abstenerse de abandonarlos en los sitios de estudio. En caso de que sea necesario dejar material en campo como parte del diseño experimental -marcas para senderos, trampas u otros-, los participantes deben comprometerse a recogerlo tan pronto como cumplan con los objetivos del estudio. Cuando la recuperación del equipo sea difícil o improbable, deben considerar el uso de materiales biodegradables o fotodegradables y libres de toxinas.

### **2.1.3 Ejemplos de la mala *praxis* después de la realización de las prácticas de campo**

La mala *praxis* después de la realización de las prácticas de campo se presenta cuando los estudiantes no ejercitan la integridad científica al analizar, reportar y compartir sus resultados. No obstante, es indispensable que los académicos cultiven en sus alumnos la importancia de evitar el plagio, de compartir sus descubrimientos, de reconocer honestamente las limitaciones y las fallas de sus diseños experimentales, y de exponer los conflictos de interés (Society for Conservation Biology 2005). La elaboración de bitácoras de campo y de reportes de las actividades realizadas es fundamental para evaluar el aprendizaje de los estudiantes. Por lo tanto, es imprescindible que éstos se comprometan a reportar rigurosa, objetiva y verazmente sus datos y a analizarlos cuidadosamente. Asimismo, deben ser autocríticos respecto a los métodos empleados y a los resultados obtenidos, ya que el reconocimiento de sus errores es esencial para mejorar sus diseños experimentales posteriores. Además, los resultados inesperados pueden proporcionar las bases para preguntas biológicas e investigaciones futuras. Aunado a esto, los estudiantes



deben aprender a ejercitar el reconocimiento justo al trabajo de sus colegas como base de colaboraciones respetuosas, integrales y productivas.

Si los participantes obtuvieron información novedosa durante los estudios en campo, tienen el deber ético de comunicar los resultados de sus estudios a los habitantes de las localidades en las que realizaron las prácticas de campo. Esto resulta de un ideal de justicia distributiva (véase glosario) que exige que las comunidades que aportaron sus conocimientos y sus recursos y que afrontaron los riesgos reciban parte de los beneficios.

## **2.2 El estado actual de las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM**

Aunque los efectos de la mala *praxis* en campo pueden parecer mínimos cuando las prácticas se analizan como eventos aislados, es necesario recordar que su impacto ecológico no sólo depende de las acciones de los participantes, sino de la frecuencia de las perturbaciones sobre los sitios de estudio. Es decir, que el impacto de las salidas al campo sobre los ecosistemas depende en gran medida de la cantidad de grupos que visitan cada localidad y de su objeto de estudio o asignatura. Por consiguiente, para poder evaluar los efectos de los participantes en los sitios de estudio y para poder aplicar la Ética Ecológica a las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, es necesario contar con un diagnóstico sobre la situación actual de las salidas al campo en esta institución.

En el semestre 2015-2 se realizaron 123 prácticas de campo correspondientes a 38 asignaturas distintas, de las cuales 9 fueron de carácter obligatorio y 29 fueron optativas. La materia en la que se realizaron más prácticas de campo fue Biología de Protistas y Algas (13.82%), seguida por Biología de Plantas II (10.57%), Biología de Animales I (10.57%), Ciencias de la Tierra (8.94%), Recursos Naturales (8.94%), Biología de Plantas I (7.32%), Paleobiología (7.32%), Ecología (6.50%), Biología de Hongos (2.44%) y las asignaturas optativas (23.58%). En total 94 grupos salieron al campo por parte de materias obligatorias y 29 por materias optativa.

Las prácticas de campo se llevaron a cabo en 178 localidades distintas distribuidas en 14 estados del país. De estas localidades, 48 se encuentran en Veracruz (26.97%), 44 en Puebla (24.72%), 29 en Hidalgo (16.29%), 20 en el Estado de México (11.24%), 11 en Querétaro (6.18%), 10 en Morelos (5.62%), 4 en Oaxaca (2.25%), 3 en el Distrito Federal (1.69%), 3 en Chiapas (1.69%), 2 en Tlaxcala (1.12%), 1 en Nayarit (0.56%), 1 en Guerrero (0.56%), 1 en Michoacán (0.56%) y 1 en Jalisco (0.56%). No obstante, 82 de estos sitios (46.07%) recibieron las visitas de más de un grupo, mientras que 96 (53.93%) sólo fueron visitados por un grupo. El sitio de estudio que recibió las visitas de más grupos fue el Morro de la Mancha (26), seguido por Llano Grande (19), el Puerto de Veracruz (19),

Tehuacán (15) y Jalapa (13) (véase Apéndice I: Las Prácticas de Campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, semestre 2015-2).

Cabe mencionar que el 43.15% de las visitas se llevaron a cabo en tan sólo 20 de las 178 localidades. Esto implica que gran parte de las prácticas de campo se concentran en las mismas localidades, lo cual se traduce en diferencias considerables entre la presión que enfrentan los distintos sitios de estudio por parte de la comunidad de Biología de la Facultad de Ciencias. Es decir, que aunque que el impacto ecológico sobre las localidades que sólo reciben un grupo de estudiantes puede ser mínimo, aquellos sitios que reciben múltiples visitas por semestre tienen una mayor probabilidad de presentar alteraciones a mediano y a largo plazo debidas a las prácticas. Además, muchas de las prácticas que se realizan en cada localidad corresponden a grupos de la misma asignatura. Por mencionar algunos ejemplos, 14 de los 17 grupos de Biología de Protistas y Algas visitaron el Morro de la Mancha, mientras que 14 de las 19 prácticas realizadas en Llano Grande corresponden a grupos de Biología o Taxonomía de Plantas. Por lo tanto, es muy probable que los grupos biológicos -protistas, algas, hongos, plantas y animales- de cada localidad se vean afectados de manera diferencial dependiendo de los organismos de interés de los participantes.

Una medida para mitigar el impacto diferencial de los grupos de alumnos sobre los sitios de estudio consiste en distribuir las prácticas de campo de cada asignatura lo más equitativamente posible entre las distintas localidades que cuenten con las condiciones necesarias para realizar las actividades correspondientes. De este modo se incrementa la probabilidad de que los ecosistemas locales sean capaces de recuperarse o de resistir a las perturbaciones ejercidas por el personal involucrado. No obstante, es necesario realizar un análisis de riesgo previo que determine las ventajas y desventajas de implementar esta medida sobre cada sitio de estudio. Aunado a esto, los participantes deben reflexionar éticamente respecto a las opciones disponibles y elegir aquellos métodos o alternativas que les permitan minimizar el daño durante las prácticas de campo sin comprometer los conocimientos y habilidades adquiridos. Estas alternativas se engloban sistemáticamente bajo el nombre de la ‘Triple erre’.

### **2.3 La ‘Triple erre’ aplicada al diseño y la ejecución de las actividades durante las prácticas de campo de Biología**

En el libro “The Principles of Humane Experimental Technique” [Los principios de la técnica experimental humanitaria] publicado por primera vez en 1959, W.M.S. Russell y R.L. Burch propusieron el concepto de la ‘Triple erre’ -reducir, refinar y reemplazar- como un conjunto de principios éticos enfocados en disminuir el dolor y sufrimiento provocado a los animales empleados con fines de experimentación. La ‘Triple erre’ se fundamenta en la existencia de numerosas similitudes entre los mecanismos neurales de percepción, integración y respuestas al dolor entre los seres humanos y los animales no humanos, así como en el alto nivel de desarrollo de la conciencia y de las capacidades cognitivas de

algunos grupos de animales (Sanford et al. 1986; Kitchell 1987; Ruckebusch & Phaneuf 1991; Vanda-Cantón 2003).

Aunque la ‘Triple erre’ se planteó originalmente para la investigación con animales de laboratorio, actualmente se utiliza para estudios que involucran fauna silvestre (Ostfeld & Keesing 2000), como es el caso de algunas de las actividades realizadas durante las prácticas de campo. No obstante, el objetivo de las prácticas de campo de Biología no se reduce al estudio de los animales en su hábitat natural, sino que abarca la gran diversidad de algas, protistas, hongos, plantas y demás seres vivos. Por ende, es necesario expandir el concepto de la ‘Triple erre’ para incluir a estos grupos de organismos, a sus interacciones directas e indirectas y al medio, ya que los procesos biológicos dependen de la materia y de la energía suministradas por el ambiente. La aplicación de la ‘Triple erre’ en un contexto ético-ecológico implica enfocarse ante todo en la preservación de la integridad de los ecosistemas sin perder de vista que procurar el bienestar de cada uno de sus componentes contribuye a su estabilidad general (Loreau 2010). A continuación se describe cómo la ‘Triple erre’ puede aplicarse para la solución de los dilemas éticos que surgen durante las distintas etapas de las prácticas de campo.

### **2.3.1 La Reducción**

La reducción consiste en disminuir la cantidad de individuos colectados o utilizados en los estudios hasta el mínimo necesario para obtener resultados estadísticamente significativos (Sherwin et al. 2003; Vanda-Cantón 2003). Esto es particularmente importante cuando se trabaja con poblaciones en riesgo, raras o aisladas, ya que alteraciones a los individuos o a las condiciones del hábitat pueden comprometer su viabilidad (Minteer et al. 2014). Es posible reducir la cantidad de organismos estudiados o colectados durante las prácticas de campo, pero es necesario considerar la gran variabilidad existente entre los distintos individuos de una población y entre los tipos de hábitat al realizar el diseño experimental con el fin de que los resultados obtenidos tengan validez estadística (Sherwin et al. 2003).

Existen diversas medidas en que los académicos y los alumnos pueden aplicar la reducción durante las prácticas de campo. La primera de ellas consiste en la realización de una revisión bibliográfica exhaustiva antes de diseñar la práctica con el fin de determinar qué estudios se han hecho en las localidades que se visitarán, qué se conoce sobre las especies de interés. Asimismo, se deben consultar las colecciones biológicas existentes con el fin de establecer si éstas contienen ejemplares de interés y, de ser afirmativo, el estado en el que se encuentran. Esto es indispensable para no repetir estudios y, por ende, evitar la colecta redundante de ejemplares, el daño a los individuos y el deterioro innecesario de los ecosistemas (Krag 2008). No obstante, existen algunos estudios cuyo valor pedagógico justifica su repetición con distintos grupos de alumnos en campo. En estos casos, dichos estudios deben realizarse en ecosistemas altamente resistentes y resilientes y en comunidades dinámicamente robustas con el fin de que las especies puedan recuperarse.

Otra medida para reducir la cantidad de organismos estudiados durante las prácticas de campo consiste en la incorporación de métodos que permitan maximizar el uso de las muestras para distintos fines. La colecta responsable y plenamente justificada de ejemplares completos o de sus tejidos es un ejemplo de un método que posibilita el aprovechamiento de los especímenes para múltiples propósitos, además de ser de gran utilidad para los académicos pretendan realizar estudios posteriores de las mismas poblaciones silvestres con otros grupos de alumnos. Sin embargo, la colecta científica posee implicaciones ético-ecológicas importantes que es necesario analizar antes de llevarla a cabo y que se discutirán detalladamente en el siguiente capítulo. El estudio de las mismas poblaciones en distintas temporadas de campo -en el caso de las prácticas de campo, en distintos semestres- es otra medida para reducir el número de organismos empleados, y posee la ventaja adicional de que permite observar los efectos de la estacionalidad sobre las poblaciones biológicas (Canadian Council on Animal Care 2015).

Finalmente, algunos autores han propuesto que otra forma de implementar la reducción en campo consiste en la realización de una evaluación estadística previa del mínimo tamaño de muestra necesario para cumplir con los objetivos del estudio (Hunt 1980; Still 1982; McConway 1992; Chiarotti & Puopolo 2000; Canadian Council on Animal Care 2015). No obstante, esto es difícil de aplicar durante las prácticas de campo debido a los conocimientos básicos de estadística de los estudiantes, a la duración limitada de las prácticas y a los imprevistos para ejecutar las actividades como se diseñaron originalmente, por lo que no constituye una alternativa viable en la mayoría de los casos.

### **2.3.2 El Reemplazo**

Aunque no es factible reemplazar las prácticas de campo en su totalidad debido a la gran cantidad de conocimientos y de habilidades que generan en los biólogos en formación, sí es posible sustituir algunos de los sujetos de estudio por otros modelos cuyos efectos negativos sobre el bienestar de los individuos y de los ecosistemas sean menores.

Algunos autores con tendencias zoocéntricas inclinadas a favor de los animales vertebrados han propuesto que una de las formas en las que se puede implementar el reemplazo durante las prácticas de campo consiste en la sustitución de las especies de interés por otras menos sensibles (Sherwin et al. 2003). Esto implica reemplazar vertebrados por invertebrados; animales por plantas, macroalgas u hongos; u organismos pluricelulares por unicelulares. Sin embargo, la posibilidad de permutar una especie por otra es mucho más compleja que una simple evaluación de la sensibilidad de los organismos, y depende de los objetivos del estudio y de las características ecológicas de la especie en cuestión. Un individuo perteneciente a una población o una especie rara, amenazada o con un área de distribución muy restringida es, en términos ecológicos, más importante que uno que forma parte de una especie común. Asimismo, todos los organismos pertenecientes a especies clave (véase

glosario) poseen un alto valor ecológico independientemente de su complejidad anatómica o fisiológica que debe ser considerado dentro de las deliberaciones éticas.

Con el fin de evitar las alteraciones ecológicas, el estrés, el sufrimiento o daños, debidos a la captura, al manejo y a la colecta de los ejemplares silvestres, se ha propuesto sustituir a las especies de interés por otras domésticas con características similares (Sikes & Paul 2013). Sin embargo, al recurrir a esta alternativa se corre el riesgo de sesgar los resultados y de obtener conocimientos erróneos sobre la biología y la ecología de las especies de interés. Además, desde una perspectiva biocéntrica, todos los seres vivos poseen un valor intrínseco e intereses primarios -la vida, la salud y el alimento, entre otros- que son prioritarios sobre los intereses secundarios del personal involucrado, por lo que deben tomarse en cuenta aunque no exista evidencia de su sensibilidad o autoconciencia (Vanda-Cantón 2011).

Bajo el principio de no maleficencia, los académicos y los alumnos siempre deben considerar primero las alternativas bioéticas al uso de los seres vivos, entre las que se encuentran el desarrollo de modelos matemáticos computarizados, y la revisión de fotografías y de videos preexistentes (Vanda-Cantón 2003; Krag 2008; Canadian Council on Animal Care 2015). Esto no sólo tiene importantes implicaciones éticas en términos del bienestar de los individuos, sino que permite la disminución del impacto ecológico de los participantes sobre el ecosistema.

### **2.3.3 El Refinamiento**

El refinamiento aplicado a las prácticas de campo de Biología debe dirigirse hacia la obtención de respuestas a los interrogantes biológicos provocando el menor malestar, dolor y/o daño posible a los sujetos de estudio (Vanda-Cantón 2003) y a los ecosistemas. Asimismo, debe considerar los posibles daños involuntarios a los individuos que no forman parte de los estudios y al ambiente, y proponer medidas para evadirlos, mitigarlos o revertirlos (Canadian Council on Animal Care 2015). No obstante, sólo debe emplearse cuando el reemplazo por sistemas no vivos no sea factible o cuando el beneficio para la población o especie en cuestión sea mayor que los costos para los individuos.

Al igual que con la reducción, el primer paso para implementar el refinamiento en las salidas al campo con fines de docencia consiste en la realización de una revisión bibliográfica exhaustiva. En este caso, dicha revisión tiene por objetivo evaluar las técnicas más finas, menos invasivas y menos estresantes disponibles para asegurar que los organismos sufran ‘el menor daño posible durante el menor tiempo posible’ (Krag 2008). Estos métodos varían dependiendo de las especies de interés, por lo que el personal involucrado debe informarse acerca de la biología y la ecología de los sujetos de estudio (Animal Research Review Panel 2015). Del mismo modo, los académicos y alumnos deben consultar estudios en los que las prácticas no éticas hayan comprometido el bienestar de los

organismos y la integridad de los ecosistemas con el fin de evitarlas (Canadian Council on Animal Care 2015).

Debido a la imposibilidad de evaluar el efecto de los académicos y de los alumnos sobre cada uno de los componentes de las comunidades bióticas a corto y a largo plazo, los diseños experimentales deben adoptar el principio precautorio y favorecer el uso de métodos remotos y/o no intrusivos para el estudio de la biodiversidad (Society for Conservation Biology 2005; Minter et al. 2014; Canadian Council on Animal Care 2015). El objetivo de estos métodos consiste en disminuir el daño a los individuos debido a la presencia humana y a la captura, el manejo, el marcaje y la colecta de los organismos completos o de sus tejidos. Algunos ejemplos de métodos no invasivos son: el análisis de rastros, la toma de fotografía y videos de alta resolución, la instalación de trampas-cámara y el monitoreo bioacústico. Estos métodos y otras alternativas a la colecta científica definitiva, así como las consideraciones ético-ecológicas indispensables para la captura y el marcaje de los individuos constituyen una parte importante del refinamiento de las técnicas para el estudio de la vida silvestre y se discuten detalladamente en el siguiente capítulo. Sin embargo, cabe mencionar que, independientemente del método elegido, se debe procurar que el tiempo de manejo de los individuos sea el mínimo posible para reducir los efectos adversos (Animal Research Review Panel 2015).

Una vez elegidos los métodos idóneos desde un punto de vista ético y académico, el personal involucrado tiene la obligación de capacitarse oportunamente para la captura, el manejo y el sacrificio éticos de los individuos antes de salir al campo. Esto es indispensable para garantizar el bienestar de los sujetos de estudio y la obtención de resultados ecológicamente válidos. Para capacitarse, los académicos y los alumnos pueden recurrir a modelos inanimados, simuladores, software especializado, ejemplares de las colecciones biológicas, cadáveres, especímenes domésticos, o bien, consultar fuentes bibliográficas y multimedia (Sherwin et al. 2003; Animalearn 2012; Rovirosa-Hernández et al. 2013).

Finalmente, el refinamiento aplicado a las prácticas de campo de Biología incluye el mejoramiento constante de los métodos disponibles y el planteamiento de alternativas cada vez más éticas y eficientes (Canadian Council on Animal Care 2015). Por lo tanto, los académicos y los alumnos deben usar sus conocimientos sobre la biología y la ecología de las especies para diseñar nuevas técnicas que concilien la obtención de datos valiosos con el bienestar de los individuos y la estabilidad ecológica.

Las recomendaciones y directrices éticas descritas en este capítulo son aplicables a todas las salidas al campo independientemente de las actividades que se lleven a cabo durante las mismas. Sin embargo, existen algunas prácticas que involucran acciones como la colecta científica, la captura y el marcaje de los organismos que conllevan consideraciones ético-ecológicas particulares, por lo que se describen en el próximo capítulo.

## CAPÍTULO III

### Las implicaciones ético-ecológicas de la colecta científica con fines de docencia y sus posibles alternativas

#### 3.1 La importancia y las implicaciones ético-ecológicas de la colecta científica para el estudio de los seres vivos

La NOM-126-SEMARNAT-2000 define el término ‘colecta científica’ como la

Actividad que consiste en la captura, remoción o extracción temporal o definitiva de material biológico del medio silvestre, con propósitos no comerciales, para la obtención de información científica básica, integración de inventarios o para incrementar los acervos de las colecciones científicas.

La colecta científica es una práctica de gran utilidad para el estudio de la biodiversidad ya que, en primera instancia, permite realizar inventarios biológicos, documentar la riqueza específica -pasada o presente-, así como determinar la presencia o ausencia de una especie en un área determinada. Además, aporta datos valiosos sobre la morfología, la fisiología, la dieta, las patologías, las migraciones y la distribución de los individuos de una población o incluso sus relaciones con otras. También provee información sobre las variaciones fenotípicas de los organismos, sobre sus adaptaciones, y sobre su desarrollo evolutivo, y sirve para estimar el tamaño de las poblaciones biológicas (Winker et al. 2010; Rocha et al. 2014). Sin embargo, su principal ventaja radica en que, si se lleva a cabo de manera apropiada, permite el uso y el almacenamiento de los especímenes para muchos estudios distintos, incluidos aquéllos que no fueron planteados en un inicio o para los que aún no existen las tecnologías o los métodos de análisis necesarios (Krag 2008; Rocha et al. 2014).

El “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias de la UNAM” reconoce la importancia de la colecta científica como herramienta para la generación de conocimiento biológico durante las prácticas de campo. Sin embargo, establece que los profesores tienen la obligación de concienciar a los alumnos y estudiantes sobre la importancia de coleccionar únicamente el material biológico y paleontológico necesario para cumplir con los objetivos de la práctica, así como de incorporarlo debidamente procesado y etiquetado a las colecciones correspondientes (“Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias” 2012). Esto se debe a que, a pesar de sus múltiples ventajas, la colecta científica involucra daños directos o indirectos a los individuos, ya sea mediante el estrés, las lesiones físicas o la muerte, o bien, a través de alteraciones en las interacciones ecológicas y en las condiciones del hábitat. Aunado a esto, actualmente existen muchas especies raras y en riesgo cuyas poblaciones son muy pequeñas y se encuentran aisladas, o cuyo hábitat es muy reducido o está altamente deteriorado y fragmentado (véase glosario), por lo que la colecta de ejemplares

de referencia puede constituir una amenaza grave para sus poblaciones (Farnsworth & Rosovsky 1993; Norton et al. 1994; Minter et al. 2014).

El impacto ecológico de la colecta científica también depende de la modalidad que se efectúe, es decir, de si se trata de una colecta temporal o de una colecta definitiva. Mientras que en una colecta temporal el material biológico se reintegra a su medio en condiciones que permitan su desarrollo, en una colecta definitiva éste no se reincorpora (NOM-126-SEMARNAT-2000 2000). La colecta temporal puede tener algunos efectos adversos sobre los ecosistemas, como es el caso de la transmisión de enfermedades y de los cambios en las dinámicas poblacionales debidos a la reintroducción de los individuos a su medio. Sin embargo, la colecta definitiva generalmente se considera más perjudicial dado que involucra la muerte de los organismos o la remoción permanente de material biológico, geológico o paleontológico del medio para integrarlo a las colecciones. Aunque la colecta definitiva responsable suele tener un impacto mínimo sobre los ecosistemas altamente resistentes o resilientes, ésta puede alterar de manera impredecible a las comunidades dinámicamente frágiles que ya han sufrido los estragos de la pérdida de hábitat, la sobreexplotación y la introducción de especies exóticas (Norton et al. 1994).

Cabe señalar que la colecta también incluye la toma de muestras de tejidos para realizar estudios de taxonomía, sistemática, fisiología, patología y evolución, entre otros. (Smith & Burgoyne 2004). En el caso de las plantas, la colecta de tejidos vegetales es una práctica común y debe favorecerse sobre la extracción de los especímenes completos en la medida de lo posible, además de que, en ocasiones, es imposible coleccionar a los organismos enteros debido a su tamaño. No obstante, es importante abstenerse de coleccionar más del 5% de la planta o sus flores y frutos cuando éstos sean escasos con el fin de no arriesgar la supervivencia del individuo ni su reproducción (Norton et al. 1994).

Por el contrario, para extraer muestras de tejidos de los animales es necesario someterlos a procedimientos invasivos que pueden resultar estresantes, dolorosos y potencialmente riesgosos para su salud, lo cual suscita importantes cuestionamientos éticos. En estos casos, los participantes de las prácticas de campo pueden recurrir a la administración oportuna de analgésicos, anestésicos u otros medicamentos a los organismos bajo la supervisión de médicos veterinarios de vida silvestre (Rovirosa-Hernández et al. 2013; Canadian Council on Animal Care 2015). Posteriormente, los académicos y los alumnos deben esperar a que los animales estén completamente restablecidos antes de liberarlos de vuelta al medio, por lo que deben proporcionarles alimento, agua y protección cuando sea necesario (Gehring & Swihart 2000; Powell & Proulx 2003).

Tanto la toma de muestras de tejidos como la colecta de especímenes animales completos requieren forzosamente de la captura de los organismos. La captura de fauna silvestre permite la obtención de datos morfométricos de los individuos y es necesaria para el



marcaje de los animales en la mayoría de los casos (Winker et al. 2010; Rovirosa-Hernández et al. 2013; Sikes & Paul 2013). Empero, pese a sus ventajas, la captura y el marcaje constituyen experiencias estresantes para los sujetos de estudio e incluso pueden provocarles lesiones y la muerte, por lo que deben evitarse y sustituirse por métodos no invasivos en la medida de lo posible.

Sin embargo, existen estudios que requieren forzosamente de la captura y del marcaje y cuyos beneficios sobrepasan los efectos adversos. En estos casos, las técnicas de captura y de marcaje deben contemplar la biología de los individuos con respecto a la época del año en que se lleva a cabo la práctica y con respecto al momento del día en que se realizan la captura y la liberación de los animales (Sikes & Paul 2013; Animal Research Review Panel 2015). Esto es relevante dado que los efectos de la captura y del marcaje varían dependiendo de la especie, la edad, el peso, el sexo, el estatus reproductivo y los hábitos -nocturnos o diurnos- de los organismos. Aunado a esto, la probabilidad de evitar capturas accidentales y de atrapar la especie de interés depende del uso de métodos adaptados a su biología y a su ecología. Del mismo modo, se deben evaluar las condiciones ambientales del sitio de estudio para evitar que la presencia de estresores ambientales comprometa la supervivencia de los individuos (Animal Research Review Panel 2015).

A continuación, se enuncian algunas de las consideraciones ético-ecológicas indispensables para la captura y el marcaje de los individuos durante las prácticas de campo de biología. Cabe mencionar que aunque el marcaje no necesariamente está ligado a la colecta de los organismos, éste conlleva ciertas implicaciones éticas importantes que es necesario enfatizar.

### **3.1.1 Las consideraciones ético-ecológicas respecto a la captura de fauna silvestre**

La captura puede realizarse de manera directa o indirecta. La captura directa o activa requiere que el observador busque activamente a los organismos y los atrape con sus manos y/ o con instrumentos tales como lazos, sacos, ganchos herpetológicos y redes de golpeo, entre otros. En contraste, la captura indirecta o pasiva consiste en el uso de equipo capaz de restringir el movimiento y/o matar a los animales sin necesidad de que el observador intervenga directamente en la captura (e.g. redes de niebla y trampas) (Clark & Gillingham 1984; Chani 1992).

La captura activa requiere que los participantes de las prácticas de campo cuenten con experiencia y con cierto grado de habilidad que les permita atrapar y manipular a los organismos sin correr peligro y sin ocasionar lesiones a los sujetos de estudio. Asimismo, los docentes y los estudiantes deben procurar que la captura y el posterior manejo de los individuos sean lo más rápidos y lo menos dolorosos posibles. Por otro lado, cuando el diseño experimental implica el uso de trampas o de otros métodos pasivos, el personal involucrado debe elegir el equipo cuyo impacto sobre los organismos sea menor, verificar

que esté en buen estado, y revisarlo frecuentemente para asegurarse de que los individuos permanezcan atrapados el menor tiempo posible. En algunos casos, se pueden colocar dispositivos remotos dentro de las trampas para detectar cuando un animal ha sido capturado (Powell & Proulx 2003). Adicionalmente, es imprescindible que las trampas y redes pasivas (e.g. redes de niebla) se pongan o estén activas únicamente cuando existe una alta probabilidad de capturar a los organismos de interés (Clark & Glilligham 1984; Chani 1992; Animal Research Review Panel 2015).

Existen dos tipos principales de trampas: las *trampas de captura viva* o de restricción y las *trampas de captura muerta*. Como indica su nombre, las trampas de restricción -Sherman, Tomakawk, jaula y harpa, entre otras- confinan a los animales y limitan sus movimientos, por lo que éstas deben contar con ventilación y drenaje adecuados. De igual manera, deben colocarse en sitios que no estén expuestos directamente al sol, a la lluvia o al viento de tal manera que los animales estén protegidos de las inclemencias del clima. Además, es necesario equipar las trampas de restricción con cebos apropiados que cubran los requerimientos nutritivos y de humedad de la especie blanco. Cabe mencionar que algunos investigadores utilizan animales vivos como cebo para atraer a sus depredadores; no obstante, esta práctica implica la muerte o, en el mejor de los casos, altos niveles de estrés para el organismo ‘carnada’, por lo que se considera más ético buscar alguna alternativa. Las trampas de captura viva también deben contar con ciertos elementos que les permitan a los individuos fabricarse un refugio para procurar su bienestar. Finalmente, los docentes y sus alumnos deben asegurarse de recoger y/o inactivar todas las trampas antes de retirarse del sitio de estudio, así como de liberar a los organismos donde los encontraron cuando el objetivo de la captura no sea la colecta definitiva (Clark & Glilligham 1984; Chani 1992; Animal Research Review Panel 2015).

Por otro lado, las trampas de captura muerta tienen por objetivo matar a un ejemplar atrapado de la especie de interés (Clark & Glilligham 1984; Chani 1992). Desde un punto de vista estrictamente ético, los investigadores tienen la obligación de atenerse a la normatividad vigente y a los lineamientos éticos existentes para aplicar la eutanasia (véase glosario) a aquellos especímenes que se van a coleccionar o que han sido sometidos a procedimientos altamente dolorosos e irreversibles (Roviroso-Hernández et al. 2013; Canadian Council on Animal Care 2015). Sin embargo, esto no siempre es posible en la práctica y existen algunos estudios en los que el uso de trampas para la captura muerta está justificado. Además, si los individuos serán sacrificados posteriormente, mantener a un animal encerrado mucho tiempo puede resultar menos ético que emplear una trampa que lo mate rápidamente. En este caso, el deber ético de los académicos y de los estudiantes consiste en el refinamiento de las trampas de captura muerta para reducir el tiempo que los animales tardan en morir y el sufrimiento que padecen en los instantes previos a su muerte (Powell & Proulx 2003).

### **3.1.2 Las consideraciones ético-ecológicas respecto al marcaje de fauna silvestre**

Durante las prácticas de campo de biología, los alumnos pueden requerir la identificación de los individuos para estudiar su conducta y sus movimientos, o para estimar el tamaño de la población en cuestión, entre otros. En ocasiones, es posible reconocer a los organismos por la presencia, la ausencia, el color, la forma, el tamaño y la ubicación de marcas naturales. Desde un punto de vista ético, la identificación por marcas naturales siempre debe preferirse sobre los otros métodos de marcaje, ya que no es invasiva, no provoca estrés, daños o sufrimiento y no altera el comportamiento y la supervivencia de los animales, por lo que es ideal para el estudio de poblaciones pequeñas, aisladas o en riesgo. Además, los resultados del estudio carecen del sesgo debido a los posibles efectos del marcaje sobre los organismos. Sin embargo, este método no siempre es práctico, ya que no todos los animales poseen marcas fácilmente identificables y, en caso de que existan, reconocerlas requiere de cierto grado de experiencia por parte del observador y de un gran esfuerzo de muestreo (Mellor et al. 2004; Silvy et al. 2005).

En caso de que la identificación por marcas naturales no sea posible, existen muchos métodos de marcaje artificial. No obstante, además de los daños asociados a la captura, el marcaje y la recaptura de los individuos, la portación de marcas puede incrementar la vulnerabilidad de los individuos frente a otros estresores ambientales. Aunado a esto, las marcas pueden inducir cambios en la conducta y en la apariencia de los organismos, lo cual repercute sobre sus interacciones intra e interespecíficas, su reproducción, su alimentación, su movilidad, sus patrones migratorios y su supervivencia, alterando la estabilidad ecológica (Mellor et al. 2004). Desde una perspectiva ética, es necesario refinar el marcaje para elegir los métodos o tipos de marcas que eviten sufrimiento y/o alteraciones en la conducta de los animales o cualquier otro factor que afecte su adecuación (Friend et al. 1994). Sin embargo, la elección de los métodos de marcaje también depende de los objetivos del estudio, de las características de las especies de interés, de los costos, de la pericia y entrenamiento del personal a cargo, de la dificultad del método, y de la durabilidad de las marcas, entre otros (Nietfeld et al. 1994).

Además, no todos estos métodos son viables con fines de docencia. Esto se atribuye a sus costos elevados, al gran esfuerzo de muestreo necesario para capturar, monitorear y recapturar a los individuos, a las dificultades que conlleva colocar y retirar las marcas, y a los horarios y a la corta duración de las prácticas de campo. Algunos ejemplos de estos métodos son la radiotelemetría y el uso de marcas PIT (*Passive Integrated Transponder*) (véase glosario) y VIE (*Visible Implant Fluorescent Elastomer*) (véase glosario). Por lo tanto, su uso con fines de enseñanza está restringido a la visita de sitios de estudio en los que el académico responsable esté llevando a cabo un proyecto de investigación que involucre alguna de estas técnicas.

Existen otras cuestiones de índole ético que deben contemplarse respecto al marcaje en las prácticas de campo y que se relacionan principalmente con sus efectos a largo plazo y con el sufrimiento que provocan en los individuos. Dado que las prácticas de campo sólo duran unos cuantos días, los estudios que se llevan a cabo son transversales -es decir, las mediciones sólo se toman en un momento temporal-, por lo que los métodos semipermanentes -tags, anillos, bandas, collares, arneses, luces nocturnas y radiotelemetría- y permanentes -los marcadores PIT y VIE, los tatuajes, las tinciones vitales, y el marcaje por congelación, por calor o por químicos- de marcaje resultan poco éticos. Aunado a esto, la aplicación de estos tipos de marcas suele causar altos niveles de estrés en los individuos y puede requerir el monitoreo a mediano o a largo plazo de los sujetos de estudio para asegurar su bienestar, lo cual es imposible en las prácticas de campo. Si bien existe la posibilidad de que los métodos semipermanentes y permanentes de marcaje no alteren significativamente el comportamiento y la adecuación de los individuos, el principio precautorio nos obliga a ser prudentes en ausencia de información científica contundente.

Por otro lado, métodos como la amputación y la mutilación no deben realizarse bajo ninguna circunstancia durante las prácticas de campo, ya que no sólo son permanentes en la mayoría de los casos, sino que son altamente invasivos, dolorosos y representan un alto riesgo de infección para los organismos. En caso de que el proceso de marcaje provoque heridas a los animales, éstos deben recibir atención médica oportuna o ser sacrificados bajo los más altos estándares éticos (Mellor et al. 2004).

Una alternativa al uso de métodos semipermanentes y permanentes de marcaje consiste en la aplicación de marcas temporales sobre los individuos. Como indica su nombre, las marcas temporales son de escasa duración con relación al tiempo de vida de los animales -generalmente duran menos de un año-. Además, estos métodos poseen las ventajas de que son baratos, se pueden aplicar rápidamente, carecen de complejidad, poseen una visibilidad alta o moderada y provocan poco estrés a corto plazo en los individuos debido a que son poco invasivos (Mellor et al. 2004). Entre los métodos temporales de marcaje con valor ético y pedagógico a los que pueden recurrir los docentes y los estudiantes durante las prácticas de campo se encuentran las pinturas y los tintes, los polvos fluorescentes, los ‘streamers’, las cintas adhesivas, los dispositivos de seguimiento o ‘trailing devices’ y la remoción o el corte del pelaje. A continuación se describen estas alternativas, sus pros y sus contras.

### ***El marcaje con pinturas y tintes***

Este método se utiliza principalmente para marcar mamíferos, reptiles e invertebrados. Las marcas se aplican sobre el integumento o sobre el pelo de los animales, y se borran con el tiempo como resultado de factores ambientales, del comportamiento de los individuos y de las mudas de piel y de pelaje. Una de las principales ventajas de este método radica en que

no suele provocar alteraciones conductuales en los organismos marcados. No obstante, los cambios de color pueden afectar la capacidad de termorregulación de los individuos, hacerlos más visibles para los depredadores y para los observadores humanos, o bien, interferir con la selección sexual. Por lo tanto, el personal involucrado en las prácticas de campo debe evitar el uso de este método para el marcaje de animales altamente visuales como las aves. Por otro lado, los participantes deben considerar que, en el caso de los mamíferos con pelaje grueso y tupido, las pinturas y los tintes pueden ocasionar que el pelo se apelmace y se caiga o generar problemas en la piel de los individuos, por lo que deben recurrir a otras técnicas de marcaje. Finalmente, los investigadores y sus alumnos deben abstenerse de usar pinturas y tintes tóxicos que puedan ser ingeridos por los animales durante el acicalamiento o que puedan ser absorbidos a través de la piel. Dada la alta sensibilidad de la piel de los anfibios, no se recomienda esta técnica para su marcaje (Murray & Fuller 2000; Powell & Proulx 2003; Mellor et al. 2004).

### ***El marcaje con polvos fluorescentes***

Este método es considerado como una buena alternativa para el estudio de animales nocturnos, ya que permite el seguimiento de sus rastros mediante el uso de luz UV. Los polvos fluorescentes se utilizan principalmente para el marcaje de mamíferos pequeños, aunque también se han empleado con éxito para reptiles y para granos de polen (Adler & Irwin 2006). Su efectividad como técnica de marcaje depende de la cobertura vegetal, de la precipitación y de la intensidad luminosa del ambiente (Mullican 1988; Mellor et al. 2004). A diferencia de los métodos anteriores, éste sí permite el estudio de animales nocturnos durante su periodo de actividad y provee información valiosa sobre sus patrones de movimiento, su ámbito hogareño y su uso de hábitat. Además, es un método poco o no invasivo y sus efectos sólo duran por unos cuantos días, por lo que es idóneo para las prácticas de campo. Sin embargo, posee algunas desventajas que deben tomarse en cuenta al plantear el diseño de investigación.

En primer lugar, los polvos fluorescentes pueden alterar la conducta de los individuos mediante un incremento en el acicalamiento. Aunque no se pueda evitar este comportamiento, el personal involucrado debe asegurarse de que los polvos no sean tóxicos para que su ingesta o absorción no sea perjudicial para los organismos. En segundo lugar, los polvos pueden incrementar la vulnerabilidad de los individuos frente a sus depredadores, ya que los hacen más conspicuos durante el día y más visibles para los animales nocturnos capaces de detectar la fluorescencia. Para evitar cambios en las interacciones inter e intraespecíficas, los profesores y los alumnos deben usar los polvos sólo en especies que permanezcan inactivas durante el día. Finalmente, los polvos fluorescentes pueden afectar la capacidad de los animales para absorber calor, por lo que su aplicación debe restringirse a las zonas ventrales y laterales y evitar el área dorsal (Powell & Proulx 2003; Mellor et al. 2004; Silvy et al. 2005).

### ***El marcaje con ‘streamers’, cintas adhesivas y dispositivos de seguimiento o ‘trailing devices’***

Este método se usa principalmente para identificar anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Su durabilidad depende de los hábitos de los animales, de las condiciones ambientales, del material del que está hecha la marca y del método que se emplee para colocarla. Los ‘streamers’ y las cintas adhesivas se adhieren al integumento o al pelaje de los individuos con pegamento, y poseen distintas longitudes, colores y texturas que contrastan con los de los animales para hacerlos más visibles (Powell & Proulx 2003; Mellor et al. 2004). Por su parte, los dispositivos de seguimiento se utilizan para estudiar organismos con movilidad limitada, o bien, para rastrear individuos en distancias cortas o por periodos cortos de tiempo. Generalmente consisten en una bobina o carrete unido al cuerpo del animal que va liberando el hilo conforme el individuo se desplaza (Mellor et al. 2004; Silvy et al. 2005).

Al igual que las pinturas y los tintes, los ‘streamers’, las cintas adhesivas y los dispositivos de seguimiento poseen la gran desventaja de que hacen a los organismos más visibles para sus depredadores y para los seres humanos. La conspicuidad de las marcas también repercute sobre las interacciones intraespecíficas, ya que modifica la forma en que otros individuos tratan a los sujetos de estudio. Aunado a esto, estos dispositivos alteran la conducta de los individuos, ya que las marcas pueden parecerles incómodas, dificultar su movimiento o provocar que se enreden con los dispositivos y con los elementos del hábitat. Esto, a su vez, puede generar estrés y lesiones en los animales, por lo que los docentes y los estudiantes deben elegir métodos que minimicen las probabilidades de daño físico y psicológico a los sujetos de estudio. Asimismo, el personal involucrado debe usar pegamentos no tóxicos que permitan que las marcas se despeguen naturalmente o comprometerse a removerlas una vez finalizado el estudio. En caso de que esto no sea posible, es recomendable usar marcas elaboradas con materiales biodegradables o fotodegradables (Powell & Proulx 2003; Mellor et al. 2004).

### ***El marcaje por remoción o corte del pelaje***

Este método contempla la remoción o corte del pelo para formar patrones distintivos y constituye un buen método para identificar mamíferos con pelaje abundante y tupido, pero es de escasa utilidad para el marcaje de animales pequeños. Una de las principales ventajas de esta técnica consiste en que el pelaje se restablece tras la siguiente muda, por lo que sus efectos son de corta duración y los participantes de las prácticas de campo no necesitan remover o recoger las marcas. No obstante, el proceso de marcaje *per se* puede resultar estresante para los organismos ya que implica su inmovilización manual o mediante el uso de anestésicos. Asimismo, al igual que en los métodos anteriores, las marcas hacen a los animales más conspicuos frente a los depredadores y a los humanos y pueden alterar la forma en que son tratados por sus conespecíficos. Con el fin de no afectar la capacidad de los individuos para termorregular y para responder ante las condiciones ambientales, el personal involucrado debe considerar el clima y la incidencia de la radiación solar al

remover o cortar su pelaje. De igual modo, deben abstenerse de usar pastas depilatorias que irriten la piel de los sujetos de estudio y les produzcan lesiones (Powell & Proulx 2003; Mellor et al. 2004; Silvy et al. 2005).

Cabe mencionar que existen equivalentes a esta técnica en reptiles, aves y mamíferos pequeños. El corte de escamas es de gran utilidad para la identificación de serpientes mientras que, en el caso de las aves, es posible cortar sus plumas de modo que no afecte su capacidad de volar. Finalmente, otra variante de este método empleada en aves y en mamíferos pequeños consiste en el corte de uñas, pero hay que ser cuidadosos de que esto no comprometa la capacidad de los organismos de defenderse, de alimentarse o de desplazarse. Generalmente, las uñas vuelven a crecer en un par de semanas (Silvy et al. 2005).

### **3.2 Las alternativas ético-ecológicas para la colecta científica definitiva con fines de docencia**

Las implicaciones éticas ineludibles de la colecta científica -y de la captura y el marcaje que se le asocian- se han reflejado en una tendencia nacional y mundial de reducir esta práctica aunque se lleve a cabo de acuerdo con la legislación vigente (véase Apéndice II: La legislación mexicana vigente en materia de colecta científica) y bajo normas éticas estrictas aprobadas por comités de Bioética. Asimismo, se ha optado por reemplazarla con alternativas que resulten menos invasivas y perjudiciales a nivel individual y ecosistémico (Rovirosa-Hernández et al. 2013). Este resurgir de la conciencia ético-ecológica en los biólogos y en los profesionales de la conservación se resume en las palabras de Marcelo Aranda, quien sostiene que ‘conforme las especies se encuentran en una situación cada vez más crítica, pocas veces será justificable sacrificar individuos para obtener información’ (Aranda-Sánchez 2012). No obstante, no siempre es posible evitar las colectas con fines de investigación dado que las alternativas disponibles pueden resultar inadecuadas para la identificación de los organismos o proveer información insuficiente sobre las especies de interés (Animal Research Review Panel 2015).

En contraste, el uso de alternativas a la colecta en el área de docencia no sólo es factible sino recomendable, ya que facilita la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades por parte de los estudiantes a la vez que cultiva en ellos la sensibilidad, el respeto y la consideración por el ecosistema global y por todo individuo existente en él. A continuación se analizan algunas alternativas no invasivas para la colecta científica de material biológico y paleontológico durante las prácticas de campo de Biología. Cabe señalar que, aunque la colecta de excretas y de pelos constituye un ejemplo de colecta definitiva estrictamente hablando, se considerará como una alternativa ética a la colecta de especímenes completos o de tejidos dado que ésta no se realiza de manera intrusiva, es decir, que no requiere de la captura ni del marcaje.

### **3.2.1 El uso de las colecciones biológicas preexistentes**

El análisis de los ejemplares contenidos en las colecciones biológicas facilita a los estudiantes la identificación de las especies -extintas y actuales- en campo. Esto se debe a que las prácticas de campo frecuentemente se llevan a cabo en sitios donde ya se han colectado ejemplares anteriormente, por lo que ya existen inventarios biológicos bien documentados que el personal involucrado puede consultar. Por consiguiente, el estudio del material biológico de las colecciones permite a los participantes entrenarse en disciplinas como la taxonomía y apreciar las características anatómicas y morfológicas de los organismos inclusive sin necesidad de observarlos en su hábitat natural o de capturarlos, manejarlos y/o colectarlos (Rovirosa-Hernández et al. 2013).

Se ha propuesto que el material presente en las colecciones biológicas puede emplearse para el cultivo y la propagación de especies vegetales poco comunes y evitar así la colecta de ejemplares silvestres (Norton et al. 1994). Este método también podría implementarse con hongos y macroalgas, pero carece de utilidad para el estudio de los animales por los problemas logísticos y éticos que suscita. Sin embargo, los alumnos sí pueden emplear los ejemplares de las colecciones zoológicas para practicar las técnicas adecuadas de manejo, evitando así riesgos innecesarios para ellos mismos y para los sujetos de estudio.

A diferencia de métodos como la toma de fotografías y de videos, el estudio de los especímenes albergados en las colecciones biológicas no permite a los estudiantes apreciar directamente la conducta y las interacciones inter e intraespecíficas de los organismos en su medio natural. Por ende, es recomendable emplear este método en conjunción con otros que permitan observar u obtener evidencias indirectas de la actividad de los individuos en vida libre.

### **3.2.2 El avistamiento y la observación directa de los organismos**

La observación directa de los organismos en su hábitat natural es una actividad no invasiva y éticamente recomendable, ya que, aunque requiere que el observador entre en contacto directo con los individuos, no implica su captura, su manejo o su colecta. Este método no sólo permite apreciar las características anatómicas, morfológicas o conductuales de los individuos, sino que proporciona información sobre las interacciones bióticas y posibilita la realización de censos visuales para conocer la abundancia, la riqueza específica y la diversidad del sitio de estudio (Gallina & López 2011; Centro de Gestión Ambiental y Ecología. 2015).

La observación directa de los individuos no presenta ningún efecto conocido sobre las macroalgas, los hongos y las plantas. Sin embargo, se ha demostrado que la presencia de observadores humanos puede afectar el comportamiento, las interacciones, el éxito reproductivo y la supervivencia de los animales. Por ende, un diseño experimental ético para el estudio de fauna silvestre durante las prácticas de campo debe considerar y atenuar



los efectos de la presencia humana sobre los organismos, especialmente si ésta es reiterada (Farnsworth & Rosovsky 1993).

### **3.2.3 La toma de fotografías y de videos**

La toma de fotos y de videos constituye permite a los investigadores recabar datos sobre los organismos que no estén sesgados por la presencia humana y almacenarlos indefinidamente sin afectar de manera drástica o irreversible a las comunidades bióticas y al ambiente (Cutler & Swann 1999). Además, los registros foto y videográficos pueden emplearse para realizar estudios longitudinales e incluso pueden posibilitar la identificación y el seguimiento de individuos con rasgos morfológicos o conductuales particulares.

En términos de su influencia sobre la actividad docente en Biología, la fotografía de la naturaleza es una herramienta de divulgación muy útil, puesto que proporciona información gráfica a los estudiantes sobre la riqueza específica que existe en una localidad y les facilita la identificación de las especies una vez que se encuentran en el sitio de estudio. Además, les permite obtener datos y reportar los resultados de sus observaciones sin que su inexperiencia represente un riesgo importante para ellos o para los sujetos de estudio. Debido a los recientes avances en la tecnología para la captación de imágenes digitales, es posible tomar fotografías y videos de alta resolución con casi cualquier cámara, teléfono celular o dispositivo móvil, por lo que los alumnos no requieren de equipo especial para elaborar un buen registro fotográfico. Aunado a esto, es posible capturar fotografías y videos de manera remota mediante el uso de trampas cámara instaladas estratégicamente a lo largo del sitio de estudio, lo cual reduce aún más el riesgo de que la conducta o las interacciones de los organismos se vean alteradas por la presencia humana (Cutler & Swann 1999).

### **3.2.4 El estudio de los rastros**

La observación directa de los animales en campo y la toma presencial de fotografías y de videos no siempre son viables debido a limitaciones en el esfuerzo de muestreo, en la visibilidad y en la accesibilidad del terreno. Aunado a esto, existen especies raras o cuyo color, tamaño y hábitos dificultan su detección y monitoreo, por lo que es imprescindible emplear métodos indirectos para determinar su presencia y para obtener información sobre su conducta, dieta, densidad poblacional, patrones de actividad, uso de hábitat, distribución y ecología trófica y reproductiva (Van Dyke et al. 1986; Petrak 1990; Putman 1990; Smallwood & Fitzhugh 1993; Arévalo 2001).

Uno de estos métodos consiste en la interpretación de los rastros que los animales dejan en su hábitat. Entre estos rastros se encuentran las huellas, las excretas, los pelos, la orina, las plumas, los huesos, los restos de mudas de piel, los cascarones rotos, los rascaderos, las madrigueras y los olores (Arévalo 2001; Wilson & Delahay 2001; Aranda-Sánchez 2012). Durante las prácticas de campo, es común encontrar huellas, excretas y pelos de los

animales. Dado que estos rastros proveen una gran cantidad de información sobre los individuos, a continuación se describen las ventajas y desventajas de su estudio.

### ***El estudio de las huellas o pisadas***

Este método consiste en el análisis de las impresiones de las extremidades de los animales sobre una superficie, y es de gran utilidad para la identificación de las especies. Esto se debe a que las extremidades de cada especie poseen características distintivas producto de sus adaptaciones particulares al medio que se reflejan en sus pisadas (Aranda-Sánchez 2012). Además de todas las ventajas y aplicaciones que comparte con el estudio de los otros tipos de rastros, el análisis de la forma, el tamaño, la profundidad y la distancia entre las huellas permite a los académicos y a los estudiantes entender el modo de desplazamiento de los individuos y arroja luz sobre algunos aspectos de su comportamiento (Aranda-Sánchez 2012). Sin embargo, las huellas rara vez permiten la identificación a nivel de individuo (Riordan 1998; Aranda-Sánchez 2012).

Las características del terreno influyen notablemente sobre la apariencia de las pisadas. Tanto la tierra seca como el lodo suave constituyen buenos sustratos para la observación de huellas en tanto el grano sea fino y haya pocas piedras, ramas u hojas. No obstante, si el grano es grueso las impresiones serán poco detalladas, o bien, no se marcarán las pisadas de los animales de talla chica. En caso de que el sustrato no sea propicio para la observación de huellas, el personal involucrado puede construir trampas de huellas. Éstas consisten en superficies carentes de vegetación que están cubiertas por algún sustrato que permite la impresión de huellas. Aunque algunos autores sugieren el uso de arena húmeda o de tierra seca y fina para las trampas (Aranda-Sánchez 2012), no es recomendable introducir sustratos ajenos al sitio de estudio porque alteran las características físicas del sitio de estudio y pueden propiciar el riesgo de invasiones biológicas, por lo que puede emplearse algún sustrato inerte como talco. Posteriormente, para ‘colectar’ las pisadas, es posible fotografiarlas o usarlas para la elaboración de moldes de yeso (Aranda-Sánchez 2012). Sin embargo, este segundo método es altamente erosivo, lixiviatorio y contaminante, por lo que debe evitarse con fines de docencia.

### ***El estudio de las excretas***

Este método posee algunas ventajas particulares, entre las que destaca la posibilidad de establecer la estructura poblacional por edad y por sexo de las especies (Putman 1984). Del mismo modo, permite la obtención de información sobre la fisiología, el estado de salud y los niveles de estrés de los individuos frente a las condiciones ambientales (Graham & Brown 1996; Cavigelli 1999), así como sobre su dieta a pesar del sesgo debido a la digestibilidad diferencial de los distintos alimentos. Sin embargo, cabe recordar que las heces fecales pueden desempeñar un papel importante en la delimitación del territorio (Roper et al. 2012) y en la comunicación química entre individuos (Stoddart 1980), por lo que es recomendable tomar muestras de las excretas en vez de colectarlas completas.

Además, si las excretas se van a incorporar a colecciones biológicas, éstas deben estar bien secas antes de almacenarlas para evitar el crecimiento de hongos y la liberación de agentes bacterianos (Aranda-Sánchez 2012).

### ***El estudio del pelaje.***

Este método es ampliamente utilizado para la identificación de las especies de mamíferos. Actualmente, se lleva a cabo mediante el análisis de la longitud, el ancho, la forma y la coloración de los pelos de guardia -pelos largos que se encuentran en la parte superior del pelaje-, así como de los patrones de las escamas de la cutícula y del arreglo transversal del córtex y de la médula (Anwar et al. 2012). Aunado a esto, se pueden emplear técnicas moleculares para analizar el DNA contenido en las muestras de pelos (García-Alaniz et al. 2010).

Existen distintos métodos para la obtención de muestras de pelo, algunos de los cuales incluyen la captura de los individuos y la remoción directa del pelaje. Sin embargo, estas técnicas pueden ser estresantes y potencialmente dañinas para los organismos, por lo que los académicos y docentes deben recurrir a alternativas no intrusivas para la obtención de las muestras en la medida de lo posible. La más sencilla y barata consiste en el análisis de excretas, ya que éstas son abundantes y fáciles de coleccionar y los pelos retienen sus características estructurales aún después de pasar por el tracto digestivo (Oli 1993; De Marinis & Asprea 2006). Otra opción consiste en revisar las guaridas y las madrigueras de algunos animales de modo que las perturbaciones causadas a sus ocupantes sean mínimas. No obstante, los participantes también pueden emplear trampas de pelo para atraer a los organismos (Pauli et al. 2008).

Existen distintos tipos de trampas de pelo, pero la mayoría de ellas funciona bajo una misma premisa: el animal es atraído mediante el uso de cebos o de aromas agradables a una superficie que posee adhesivos, clavos de punta roma, cepillos o alambre para remover y/o retener algunos de sus pelos. Las trampas también pueden colocarse en elementos del hábitat donde los animales se restriegan naturalmente como árboles o rocas o a través de los caminos transitados frecuentemente por la especie de interés, por lo que no requieren de atrayentes adicionales. Estos métodos pasivos -sin cebo- suelen ser más recomendables que los activos -con cebo- desde un punto de vista ético ya que no provocan alteraciones en la conducta de los individuos (Kendall & McKelvey 2008).

### **3.2.5 El monitoreo bioacústico**

La bioacústica es la disciplina que estudia la producción, procesamiento y percepción de los sonidos por parte de los animales. Muchos grupos de vertebrados -peces teleósteos, anuros, reptiles, aves y mamíferos- e invertebrados -insectos, arañas, crustáceos y nemátodos- emiten vocalizaciones u otros sonidos para comunicarse y establecer vínculos sociales, para cortejar parejas potenciales, para defender su territorio, para orientarse y/o para cazar

(Brillet & Paillette 1991; Owings & Morton 1998; Laiolo 2010; Obrist et al. 2010). Por lo tanto, realizar observaciones acústicas provee información útil sobre la etología y las interacciones inter e intraespecíficas de los organismos. Los métodos bioacústicos también se pueden usar para realizar estudios evolutivos (Kroodsma & Miller 1996) e inventarios faunísticos (Obrist et al. 2010), para distinguir individuos (Laiolo 2010), para identificar especies crípticas o de hábitos nocturnos (Walker 1964; Vaughan et al. 1997; Gaunt & McCallum 2004; Sueur & Puissant 2007), para estimar la abundancia relativa de las especies y para evaluar el efecto de los ruidos antropogénicos sobre la fauna silvestre (Obrist et al. 2010), entre otros.

El equipo básico para llevar a cabo monitoreos bioacústicos consta de un micrófono o hidrófono para amplificar y transducir las señales y de un aparato para grabarlas. Sin embargo, durante las prácticas de campo se pueden usar teléfonos celulares o cámaras de video para grabar las señales que emiten la mayoría de los organismos. Aunque los formatos en los que se guardan las grabaciones en estos dispositivos carecen de la calidad necesaria para elaborar estudios detallados (Obrist et al. 2010), sí permiten la elaboración de inventarios faunísticos generales y son de gran utilidad para que los estudiantes se familiaricen con los principios básicos del método bioacústico. Aunado a esto, existen muchas aplicaciones para los celulares y dispositivos móviles que contienen guías auditivas para la identificación de las especies más comunes de la región.

El monitoreo bioacústico se considera éticamente recomendable porque no es necesario capturar ni manipular a los organismos (Obrist et al. 2010). Además, a diferencia de otros métodos como la colecta científica, éste sí permite registrar y almacenar información reproducible sobre la etología de los organismos. Otra de sus ventajas radica en que el sonido puede viajar grandes distancias y atravesar vegetación densa, por lo que es posible emplear métodos bioacústicos para estudiar a los organismos que habitan en sitios visualmente inaccesibles sin que la presencia humana afecte su comportamiento (Bardeli et al. 2008; Tanttú & Turunen 2008; Obrist et al. 2010). Dado que algunas especies emiten vocalizaciones que varían a nivel de individuo, las señales acústicas también pueden usarse como un sustituto del marcaje (Hahn & Silverman 2007).

## DISCUSIÓN

Las prácticas de campo son irremplazables para la formación de los biólogos debido a su alto valor académico, pedagógico e, incluso, motivacional. Sin embargo, estas actividades provocan perturbaciones voluntarias e involuntarias en los sitios de estudio. Por ende, los académicos y los estudiantes de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM no pueden ignorar su responsabilidad directa sobre los ecosistemas y deben orientar sus esfuerzos hacia la disminución de su impacto ecológico en campo. Esto adquiere particular relevancia en el contexto actual de devastación ecológica que enfrentan los biomas (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Wake & Vredenburg 2008), el cual resulta del desarrollo imprudente de la ciencia y de la tecnología sin que medie un análisis crítico que pondere sus implicaciones sobre las dinámicas de las comunidades bióticas. Por ende, es necesario que la comunidad de Biología de la Facultad de Ciencias lleve a cabo una reflexión ético-ecológica fundamentada en la Bioética y en la Ética Ambiental respecto al papel que desempeña el ser humano en la Tierra.

Aunque el principialismo bioético contribuye a la resolución de muchos de los conflictos de intereses que se presentan durante el trabajo en campo, éste debe aplicarse de forma moderada puesto que no siempre es enteramente compatible con el objetivo de las prácticas de campo. Por ejemplo, la aplicación literal de los principios de beneficencia y de justicia durante las prácticas implicaría que los participantes tienen la obligación de resarcir el daño provocado a los sitios de estudio mediante la realización de actividades que beneficien directamente a los ecosistemas tales como proyectos de restauración ecológica o de monitoreo de especies amenazadas. No obstante, estas actividades usualmente requieren más tiempo y recursos de los que dispone la comunidad de Biología de nuestra Facultad. Además, no forman parte del temario de la mayoría de las asignaturas, por lo que llevarlas a cabo de manera generalizada y fuera de contexto sería detrimental para la preparación de los alumnos. Es indispensable recordar que el objetivo principal de las prácticas de campo consiste en el aprendizaje de los estudiantes, por lo que la aplicación de lineamientos éticos debe orientarse hacia la disminución del impacto ecológico de los participantes sin comprometer su adquisición de conocimientos.

Otra consideración importante respecto al principialismo consiste en las dificultades que conlleva la aplicación de los principios bioéticos a los seres vivos no humanos y a los elementos abióticos del medio. Asimismo, no siempre es posible implementar todos los principios simultáneamente, en cuyo caso los participantes deben ponderar qué obligaciones morales prevalecen y priorizar aquéllas de carácter vinculatorio. Por ejemplo, el principio de no dañar pesa más que el de beneficiar a los organismos, y los intereses primarios o vitales de los organismos deben considerarse sobre los intereses secundarios o no vitales del personal involucrado. Por otro lado, en ocasiones el bienestar de algunos individuos puede contraponerse a la integridad de la comunidad biótica. En estos casos, los

docentes y los alumnos deben priorizar el bien de los ecosistemas, de las comunidades, de las especies y de las poblaciones sobre el de los individuos. Sin embargo, esto no justifica el uso de prácticas negligentes o malintencionadas con los sujetos de estudio. Por consiguiente, cualquier experimento que ocasione daños innecesarios a los organismos y no sea indispensable para el cumplimiento los objetivos de las prácticas es inaceptable desde una perspectiva ética (Ministerio de Poder Popular para Ciencia Tecnología e Industrias Intermedias & Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2008).

Por su parte, la Ética Ambiental les proporciona a los biólogos en formación los fundamentos filosóficos necesarios para evaluar su relación moral con su objeto de estudio. Dado que las actividades de las prácticas de campo inciden sobre los elementos bióticos y abióticos del medio, es recomendable que los participantes adopten una postura ecocéntrica al trabajar en los sitios de estudio. Sin embargo, algunas visiones holísticas poseen un peso metafísico tan fuerte que éste distorsiona su sustento científico y dificulta su aplicación en situaciones concretas. Además, las posturas ecocéntricas radicales suelen dejar de lado el papel de la estocasticidad en el funcionamiento ecosistémico (Velayos 1996). Por lo tanto, el personal involucrado debe considerar la complejidad de los ecosistemas, pero desde una perspectiva moderada y práctica que reconozca la aleatoriedad inherente a los sistemas biológicos.

El plan de estudios vigente de la Licenciatura en Biología impartida en la Facultad de Ciencias de la UNAM comprende prácticas de campo obligatorias a partir del segundo semestre. Por lo tanto, es necesario que los académicos fomenten el diálogo ético-ecológico entre los estudiantes desde su ingreso a la carrera con el fin de que éstos ejerzan la buena *praxis* en campo desde el inicio de su etapa formativa. Asimismo, los docentes deben propiciar la participación activa de los alumnos en el análisis de las implicaciones éticas de las distintas actividades en campo y en el diseño de estudios éticos que les permiten resolver sus interrogantes biológicas. Los académicos también deben hacer hincapié en que, independientemente de la asignatura y del grupo biológico de interés, la complejidad de las interacciones ecológicas implica que las acciones del personal involucrado repercuten sobre todo el ecosistema en mayor o menor medida. Por ende, las medidas ético-ecológicas en campo no deben remitirse a procurar el bienestar de los individuos o del conjunto de los seres vivos que habitan en el sitio de estudio, sino que implican el respeto por otras entidades naturales de mayor magnitud tales como las cuencas hidrológicas y el suelo. Entre estas medidas ético-ecológicas para evitar la mala *praxis* y para fomentar la buena *praxis* antes, durante y después de realizar las prácticas de campo destacan: el planteamiento de un buen diseño experimental, la realización de revisiones bibliográficas concienzudas, la obtención de los permisos correspondientes, el respeto de la legislación vigente, el uso de senderos preexistentes, la abstención de la extracción o del comercio ilegal de vida silvestre, la disposición adecuada de los residuos, y el análisis íntegro de los resultados. Asimismo, los participantes deben procurar implementar la ‘Triple erre’ para el

estudio, la captura, el manejo, el marcaje y la colecta de organismos en la medida de lo posible.

La colecta científica es una práctica común durante las salidas al campo de las materias que estudian la biología general de los organismos (e.g. Biología de Protistas y Algas, Biología de Hongos, Biología de Plantas I y II, Biología de Animales I y Deuterostomados). Sin embargo, aunque esta actividad provee información indispensable para el estudio de la biodiversidad, su uso con fines de docencia debe considerarse como un último recurso y restringirse a casos excepcionales. Esto se debe a que muchas de las prácticas de campo que corresponden a una misma asignatura se llevan a cabo en los mismos sitios de estudio. Por consiguiente, los organismos que constituyen el objeto de estudio de dicha materia enfrentan una presión constante por parte de numerosos grupos de alumnos a lo largo del semestre. Además, cabe mencionar que, aunque la cantidad de grupos de cada asignatura que salen al campo varía entre los semestres pares e impares, las localidades en las que se llevan a cabo suelen ser las mismas. Por lo tanto, esto puede dificultar la recuperación de las poblaciones biológicas que habitan en los sitios de estudio que reciben visitas constantes a lo largo del año.

Otro argumento en contra de la colecta innecesaria con fines de docencia radica en que el principal objetivo de las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM es que los estudiantes observen parte de la biodiversidad mexicana en su hábitat natural y desarrollen conocimientos y habilidades imprescindibles para su estudio. No obstante, la colecta no es necesaria para cumplir con este propósito, ya que actualmente existen numerosas alternativas no invasivas que permiten conocer la morfología, la fisiología, la dieta, la distribución y muchas otras características de los seres vivos sin necesidad de extraer muestras de tejido o individuos completos del medio. Además, estas alternativas no sólo son menos dañinas, estresantes y dolorosas para los sujetos de estudio, sino que tienen un impacto menor sobre el ambiente, suelen ser poco costosas o gratuitas, usualmente no requieren de equipo especializado, y poseen un valor pedagógico igual o superior al de los métodos tradicionales de enseñanza (Erickson & Clegg 1993; Waters et al. 2005). Tal es el caso de la consulta de las colecciones biológicas preexistentes, del avistamiento directo, de la foto y videografía de vida silvestre, del uso de programas computacionales, del estudio de rastros y del método bioacústico. Cada una de estas alternativas posee ventajas y desventajas que dependen del estudio en cuestión, pero pueden incorporarse al diseño de las prácticas de campo y son de uso común en la investigación de vida silvestre. Asimismo, son particularmente útiles para los estudios faunísticos, ya que el marcaje y la captura que frecuentemente se asocian con la colecta de animales silvestres conllevan estrés y cambios etológicos, por lo que deben evitarse en la medida de lo posible durante las prácticas de campo a menos que sean absolutamente indispensables para capacitar a los estudiantes en técnicas de manejo.

Es imprescindible que los avances en los conocimientos teóricos de Biología vayan acompañados de un desarrollo equivalente en las técnicas para realizar estudios de manera eficiente. De igual manera, deben involucrar un cambio de mentalidad de los académicos y de los estudiantes que priorice y fomente las prácticas ético-ecológicas. Por lo tanto, el argumento *ad antiquitatem* o de apelación a la tradición es inválido para justificar prácticas intrusivas y perjudiciales para los organismos y para el medio. En la medida en que los docentes de la Facultad de Ciencias recurran a alternativas poco invasivas para el estudio de los seres vivos y practiquen el trato ético a los organismos y a los ecosistemas, contribuirán a cambiar el *currículum* oculto predominante en Biología que fomenta la insensibilización de los estudiantes ante su objeto de estudio.

Las alternativas a la colecta científica de especímenes y las formas de aplicar la ‘Triple erre’ para prevenir, disminuir y mitigar los efectos de los biólogos sobre la vida silvestre en su medio natural están contenidas en códigos éticos publicados por distintas sociedades e instituciones a nivel internacional tras su aprobación previa por parte de comités de ética. Aunque muchos de estos códigos se enfocan en la investigación, otros contemplan explícitamente a la actividad docente, como es el caso del código de la Society for Integrative and Comparative Biology («SICB Code of ethics» 2015), de la “Guía del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales” (ARENA & OLAW 2002) en Estados Unidos, y del “Código Australiano para el Cuidado y Uso de Animales con Fines Científicos” (National Health and Medical Research Council 2013). No obstante, uno de los principales problemas de los códigos éticos vigentes que regulan la actividad de los biólogos en campo consiste en su enfoque marcadamente extensionista y zoocéntrico, especialmente con relación a los animales vertebrados. Aunque existen muchas guías de tinte bienestarista que orientan el estudio, la captura, el manejo, el marcaje y la colecta éticos de los animales, actualmente existen muy pocos esfuerzos para regular la buena *praxis* respecto al resto de los seres vivos y de los ecosistemas. Por lo tanto, es necesario complementar los códigos existentes para que contemplen normas éticas para el estudio de los protistas, los hongos y las plantas en campo. Aunado a esto, dichos códigos deben tomar en cuenta las particularidades referentes al estudio de entidades naturales supraindividuales como las poblaciones, las especies, las comunidades y los ecosistemas. En el caso de las colectas geológicas y paleontológicas, los lineamientos éticos deben enfocarse en la buena *praxis* durante la extracción de las muestras con el fin de evitar procesos como la erosión que degraden la calidad del medio.

Cabe mencionar que muchas de las disposiciones contenidas en los códigos éticos han permeado en la legislación ambiental vigente y actualmente se encuentran especificadas en diversas normas, reglamentos y acuerdos nacionales e internacionales. Tal es el caso de las Leyes y Normas Oficiales Mexicanas en materia de especies en riesgo y de colecta científica (véase Apéndice II), de la “Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos” (UNESCO s. f.), de la “Declaración de Helsinki” (WMM 2013) y de la



“Recomendación de la UNESCO relativa a la situación de los investigadores científicos” (UNESCO 1974), entre otras. A diferencia de los códigos éticos, la observación de las normas y leyes es de carácter vinculatorio, por lo que su incumplimiento conlleva sanciones oficiales. No obstante, la prevención de la mala *praxis* mediante la concientización y la educación entre los estudiantes durante las prácticas de campo se antoja como una solución más eficaz que las penalizaciones coercitivas, ya que conllevan una deliberación ética basada en un proceso racional de valoración.

La comunidad de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM también se ha sumado a este esfuerzo internacional por integrar la Ética Ecológica a la investigación y a la docencia de los biólogos en campo. Actualmente, nuestra Facultad cuenta con el “Reglamento para Salidas Profesionales y Prácticas de Campo de la Facultad de Ciencias de la UNAM” (2012) que establece las disposiciones necesarias para el trabajo en campo con fines docentes. Aunque su contenido versa principalmente sobre los trámites administrativos requeridos para realizar las prácticas y sobre las medidas de seguridad que deben observar los académicos y los alumnos en campo, el Reglamento toca algunos puntos con importantes implicaciones ético-ecológicas. Entre estos puntos se encuentran: la obtención del consentimiento informado de los alumnos antes de realizar las prácticas; el respeto a los usos y costumbres de las comunidades indígenas y campesinas; la disminución del impacto ecológico durante las prácticas; y la colecta responsable y necesaria de organismos.

Sin embargo, este Reglamento no constituye un código ético *per se*, por lo es imprescindible elaborar una guía detallada que sea revisada por un comité de ética y que regule la buena *praxis* de los académicos y los estudiantes de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM durante las prácticas de campo. Este código debe adecuarse a las necesidades particulares de la comunidad de Biología de nuestra Facultad con base en el plan de estudios vigente y en los requisitos curriculares de cada asignatura. De igual manera, debe tomar en cuenta las localidades más frecuentes para la realización de las prácticas, las características de las especies que habitan en ellas y su estatus de riesgo, el tamaño aproximado de los grupos que visitan los sitios de estudios, y la cantidad de grupos que visitan cada sitio por semestre, entre otros. Esto es indispensable para evaluar cualitativa y cuantitativamente el impacto de los grupos de docencia de biología sobre los ecosistemas y para adoptar las medidas más adecuadas para preservar la estabilidad ecológica de las zonas de muestreo. Dado que la UNAM es una de las instituciones académicas con mayor renombre a nivel internacional y está a la vanguardia en materia de investigación en ciencia y tecnología, no solo es necesario sino impostergable que se incorpore a la tendencia mundial de integrar el quehacer científico con la *praxis* ética desde la etapa formativa de los estudiantes, incluyendo el área de Biología.

## CONCLUSIONES

Las prácticas de campo de Biología son herramientas pedagógicas irremplazables, ya que les permiten a los alumnos plantear y ejecutar diseños experimentales basados en sus propias observaciones en campo. De igual modo, les posibilitan la obtención de conocimientos y el desarrollo de habilidades que no pueden adquirirse dentro de las aulas de clase o de los laboratorios. No obstante, las prácticas de campo afectan la dinámica de los ecosistemas en menor o mayor medida mediante la erosión, la compactación del suelo, la fragmentación del terreno, la alteración del hábitat, la introducción de especies invasoras, el tráfico ilegal de especies, la colecta indiscriminada de organismos, o la disposición inadecuada de residuos, entre otros. Por ende, los participantes deben reducir su impacto ecológico en campo mediante la adopción de prácticas ético-ecológicas basadas en la ‘Triple erre’ desde la planeación de las prácticas hasta que éstas finalicen. Esto implica el planteamiento adecuado de los estudios -académica, pedagógica y éticamente-, la realización de los análisis de riesgo pertinentes, la implementación de acciones que permitan reducir la huella ecológica de las actividades efectuadas en campo, y el manejo adecuado de los residuos conforme a los protocolos de bioseguridad vigentes, entre otros.

La Ética Ecológica aplicada a las prácticas de campo de Biología también demanda que el personal involucrado emplee los métodos de estudio menos invasivos posibles y sustituya acciones altamente intrusivas, estresantes o dañinas como la captura, el marcaje y la colecta científica por alternativas que posean un impacto menor sobre el bienestar de los individuos y de las comunidades bióticas. Entre las alternativas disponibles para la colecta científica con fines de docencia destacan la consulta de colecciones biológicas preexistentes, los avistamientos y censos visuales, la toma de fotografías y de videos de alta resolución, el uso de programas computacionales, modelos, simuladores y recursos multimedia, el estudio de rastros y el monitoreo bioacústico, entre otros. El desarrollo de múltiples herramientas e innovaciones con gran potencial para el estudio de la biodiversidad y de sus interacciones hace que la sustitución de métodos como la captura, el marcaje y la colecta científica definitiva no sólo sea posible, sino deseable en términos ecológicos y pedagógicos.

La comunidad de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM no puede ignorar la importancia de hacer coincidir la labor académica y docente con las prácticas éticas, por lo que corresponde a todos los participantes detectar y resarcir la mala *praxis* en campo, así como observar actitudes ético-ecológicas que reflejen su respeto por su objeto de estudio. La actividad docente no es estática, por lo que debe modificarse constantemente para que sus métodos y objetivos reflejen los recientes avances en las ciencias y en las humanidades.

## LITERATURA CITADA

- Abel, F., T. Asnariz, D. Callahan, J. E. Drane, J. Elizari, J. A. Mainetti, M. do C. Patrao Neves, V. R. Potter, J. Gayon, y A. Llano Escobar. 2002, abril. Qué es Bioética. *Selecciones de Bioética* 1:1-152. Bogotá.
- Adler, L. S., y R. E. Irwin. 2006. Comparison of pollen transfer dynamics by multiple floral visitors: Experiments with pollen and fluorescent Dye. *Annals of Botany* 97:141-150.
- Allingham, M. 2015. Distributive justice. Disponible en <http://www.iep.utm.edu/dist-jus/>.
- Álvarez de la Cadena-Sandoval, C. 2000. *Ética Odontológica*, 2da edición. Facultad de Odontología, UNAM.
- Andorno, R. 2004. The precautionary principle: a new legal standard for a technological age. *Journal of International Biotechnology Law* 1:11-19.
- Animal Research Review Panel. 2015. Wildlife research. Disponible en <http://www.animalethics.org.au/policies-and-guidelines/wildlife-research> (consultado en mayo 17, 2015).
- Animalearn. 2012. Find your dissection alternative. Disponible en [http://www.animalearn.org/sciencebank.php#.VXpPBvI\\_NBc](http://www.animalearn.org/sciencebank.php#.VXpPBvI_NBc).
- Anwar, M. B., M. S. Nadeem, M. A. Beg, A. R. Kayani, y G. Muhammad. 2012. A photographic key for the identification of mammalian hairs of prey species in snow leopard (*Panther uncia*) habitats of Gilgit- Baltistan Province of Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44:737-743.
- Aranda-Sánchez, J. M. 2012. *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Conabio, México D.F.
- Arellano, J. S., y R. T. Hall. 2012. *Bioética de la biotecnología*, 1era edición. Fontamara.
- ARENA, y OLAW. 2002. *Institutional Animal Care and Use Committee Guidebook*.
- Arévalo, J. E. 2001. *Manual de campo para el monitoreo de mamíferos terrestres en áreas de conservación*. Asociación Conservacionista de Monteverde. Disponible en [http://www.inbio.ac.cr/es/estudios/PDF/Manual\\_monitoreomamiferos.pdf](http://www.inbio.ac.cr/es/estudios/PDF/Manual_monitoreomamiferos.pdf).
- Bardeli, R., D. Wolff, y M. Clausen. 2008. Bird song recognition in complex audio scenes. Páginas 93-102 en K. H. Frommolt, R. Bardeli, y M. Clausen, editores. *Proceedings of the International Expert meeting on IT-based detection of bioacoustical patterns*. Isle of Vilm.
- Barker, S., D. Slingsby, y S. Tilling. 2002. *Teaching biology outside the classroom: Is it heading for extinction?* FSC Occasional Publication.
- Beauchamp, T., y J. Childress. 2013. *Principles of Biomedical Ethics*, 7ma edición. Oxford University Press.
- Begon, M., C. R. Townsend, y J. L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*, 4ta edición. Wiley-Blackwell, Malden.
- Bentham, J. 1823. *Introduction to the principles of moral and legislation*. Oxford University Press, Londres.
- Bezanson, M., R. Stowe, y S. M. Watts. 2013. Reducing the ecological impact of field research. *American Journal of Primatology* 75:1-9.
- Brennan, A., y Y.-S. Lo. 2011. *Environmental Ethics*. Disponible en <http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/ethics-environmental/>.
- Brillet, C., y M. Paillette. 1991. Acoustic signals of the nocturnal lizard *Gekko gekko*; analysis of the «long complex sequence». *Bioacoustics* 3:33-44.

- Callicott, J. B. 1980. Animal Liberation. *Environmental Ethics* **2**:311-338. Disponible en [http://www.pdcnet.org/oom/service?url\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_val\\_fmt=&rft.imuse\\_id=environethics\\_1980\\_0002\\_0004\\_0311\\_0338&svc\\_id=info:www.pdcnet.org/collection](http://www.pdcnet.org/oom/service?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=&rft.imuse_id=environethics_1980_0002_0004_0311_0338&svc_id=info:www.pdcnet.org/collection).
- Callicott, J. B. 1989. Animal liberation and environmental ethics: back together again. Páginas 49-59 In *defense of the land ethic: essays in environmental philosophy*. SUNY Press, Nueva York.
- Canadian Council on Animal Care. 2015. Wildlife research. Disponible en <http://3rs.ccac.ca/en/research/wildlife-research.html> (consultado en diciembre 13, 2014).
- Cavigelli, S. A. 1999. Behavioural patterns associated with faecal cortisol levels in free-ranging female ring-tailed lemurs, *Lemur catta*. *Animal Behaviour* **57**:935-944.
- Centro de Gestión Ambiental y Ecología. 2015. Monitoreo ambiental rural. Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en <http://cegae.unne.edu.ar/index.htm> (consultado en octubre 22, 2015).
- Chani, J. M. 1992. Guía de campo para el estudio de los vertebrados. 88. Fundación Lillo.
- Chiarotti, F., y M. Puopolo. 2000. Refinement in behavioural research: a statistical approach. Páginas 1222-1238 *Progress in Reduction, Refinement and Replacement of Animal Experimentation*. Elsevier, Amsterdam.
- Clark, D. L., y J. C. Glilligham. 1984. A new life trap and comparison with a pitfall trap. *Herpetological Review* **15**:25-26.
- Cole, D. N. 1978. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alteration. *Journal of Applied Ecology* **15**:281-286.
- Cole, D. N., y P. B. Landres. 1995. Indirect Effects of Recreation on Wildlife. *Wildlife and recreationists -- coexistence through management and research.*:183-202.
- CONABIO. 2014. Invasiones biológicas. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras> (consultado en enero 28, 2015).
- Cutler, T. L., y D. E. Swann. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin* **27**:571-581.
- Dale, D., y T. Weaver. 1974. Trampling effects on vegetation of the trail corridors of north Rocky Mountain forests. *Journal of Applied Ecology* **11**:767-772.
- De Marinis, A. M., y A. Asprea. 2006. Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology* **12**:305-320.
- DeJong-Hughes, J. 2009. Tires, Traction and Compaction. University of Minnesota Extension. Disponible en <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/tires-traction-and-compaction/>.
- Disturbios naturales y humanos. 2015. Universidad de Murcia, Murcia. Disponible en <http://academic.uprm.edu/~jchinea/cursos/ecolplt/disturbios12.pdf>.
- Drengson, A. 2012. Some thought on the deep ecology movement. Disponible en <http://www.deepecology.org/deepecology.htm> (consultado en febrero 26, 2015).
- Ecological Society of America. 1993. ESA Code of Ethics. *Bulletin of the Ecological Society of America* **74**:17-18. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/20167800>.
- Erickson, H., y V. Clegg. 1993. Active learning in cardiovascular physiology. Páginas 107-108 en H. Modell y J. Michael, editores. *Promoting active learning in Life Science classroom*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, Nueva York.
- Facciano, L. 2001. La agricultura transgénica y las regulaciones sobre bioseguridad en la Argentina y en el orden internacional. *Protocolo de Cartagena de 2000*. Tercer

- Encuentro de Colegios de Abogados sobre Temas de Derecho Agrario. Instituto de Derecho Agrario del Colegio de Abogados de Rosario., Rosario.
- Fairbanks, W. S., y R. Tullous. 2002. Distribution of pronghorn (*Antilocapra americana* Ord) on Antelope Island State Park, Utah, USA, before and after establishment of recreational trails. *Natural Areas Journal* **22**:277-282.
- Farnsworth, E. J., y J. Rosovsky. 1993. The ethics of ecological field experimentation. *Conservation Biology* **7**:463-472.
- Feinberg, J. 1974. *The rights of animals and future Generations*. Philosophy and Environmental Crisis. University of Georgia Press, Athens.
- Ferro, M., L. Molina Rodríguez, y W. A. Rodríguez. 2009. La Bioética y sus principios. *Acta Odontológica Venezolana* **47**. Disponible en <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2009/2/art26.asp>.
- Ferry, L. 1994. *El nuevo orden ecológico: el árbol, el animal y el hombre*. Turquets, Barcelona.
- Festing, M. F. W., y D. G. Altman. 2002. Guidelines for the design and statistical analysis of experiments using laboratory animals. *ILAR journal* **43**:244-258.
- Fieser, J. 2015. Ethics. Disponible en <http://www.iep.utm.edu/ethics/>.
- Francione, G., y A. Charlton. 1992. *Vivisection and dissection in the classroom: a guide to conscientious objection*.
- Friend, M., D. E. Toweill, R. L. Brownell, V. F. Nettles, D. S. Davis, y W. J. Foreyt. 1994. Guidelines for proper care and use of wildlife in field research. Páginas 96-124 en T. A. Bookhout, editor. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. Wildlife Society, Bethesda.
- Gallina, S., y C. López, editores. 2011. *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro / Instituto de Ecología, Querétaro.
- García-Alaniz, N., E. J. Naranjo, y F. F. Mallory. 2010. Hair-snares: A non-invasive method for monitoring felid populations in the Selva Lacandona, Mexico. *Tropical Conservation Science* **3**:403-411. Disponible en [Garcia-Alaniz\\_et\\_al\\_2010\\_Hair-snares\\_for\\_monitoring\\_felid\\_populations.pdf](#).
- Gaunt, S. L. L., y D. A. McCallum. 2004. Birdsong and conservation. Páginas 343-362 en P. Marler y H. Slabbekoorn, editores. *Nature's music: The science of birdsong*. Academic Press.
- Gehring, T. M., y R. K. Swihart. 2000. Field immobilization and use of radiocollars on long-tailed weasels. *Wildlife Society Bulletin* **28**:579-585.
- Gobush, K. S., B. M. Mutayoba, y S. K. Wasser. 2008. Long-term impacts of poaching on relatedness, stress physiology, and reproductive output of adult female African elephants. *Conservation Biology* **22**:1590-1599.
- Goldberg, E. D. 1997. Plasticizing the seafloor: An overview. *Environmental Technology* **18**:195-201.
- Graham, L. H., y J. L. Brown. 1996. Cortisol metabolism in the domestic cat and implications for non-invasive monitoring of adrenocortical function in endangered felids. *Zoo Biology* **15**:71-82.
- Greenebaum, J. 2009. «I'm Not an Activist!»: Animal rights vs. animal welfare in the purebred dog rescue movement. *Society and Animals* **17**:289-304.
- Gregory, M. R. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings--entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions.

- Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences **364**:2013-2025.
- Griffiths, M., y C. Van Schaik. 1993. The impact of human traffic on the abundance and activity periods on Sumatran rain forest wildlife. *Conservation Biology* **7**:623-626.
- Grossberg, R., A. Treves, y L. Naughton-Treves. 2003. The incidental ecotourist - Measuring visitor impacts on endangered howler monkeys inhabiting an archaeological site in Belize. *Environmental Conservation* **30**:40-51.
- Hahn, B. A., y E. D. Silverman. 2007. Managing breeding forest songbirds with conspecific song playbacks. *Animal Conservation* **10**:436-441.
- Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science* **131**:1292-1297.
- Harrison, R. G., editor. 1993. Hybrid zones and the evolutionary process. Oxford University Press, Nueva York.
- Hedges, J. I. 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Marine Chemistry* **39**:67-93.
- Herbst, Lawrence, H., y R. Jacobson, Elliot. 2015. Recommendations for activities involving brief captivity with non-invasive or minimally invasive procedures. Archie Carr Center for Sea Turtle Research. Disponible en <http://accstr.ufl.edu/resources/tagging-program-cmttp/recommendations-for-activities-involving-brief-captivity-with-non-invasive-or-minimally-invasive-procedures/> (consultado en noviembre 25, 2014).
- Hidinger, L. 1996. Measuring the impacts of ecotourism on animal populations: a case study of Tikal National Park. *Yales F&E Bulletin* **99**:49-59.
- Hogan, M. 2012a. Commensalism. Disponible en <http://www.eoearth.org/view/article/171918/>.
- Hogan, M. 2012b. Microclimate. Disponible en <http://www.eoearth.org/view/article/51cbf00d7896bb431f6a0113/>.
- Hunt, P. 1980. Experimental choice. Páginas 63-75 *The Reduction and Prevention of Suffering in Animal Experiments*. RSPCA, Horsham.
- Jahr, F. 1927. Bio-Ethik. Eine Umschau über die ethischen Beziehungen des Menschen zu Tier und Pflanze. [Bio-Etica: Un análisis de la relación ética de los seres humanos con los animales y las plantas]. *Kosmos*. **24**:2-4.
- Jonas, H. 1995. El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Herder.
- Jordan, M. 2000. Ecological impacts of recreational use of trails: a literature review. Disponible en <http://www.parks.ca.gov/pages/795/files/ecologicalimpactsrecreationalusers.pdf>.
- Karp, D. S., y T. L. Root. 2009. Sound the stressor: how Hoatzins (*Opisthocomus hoazin*) react to ecotourist conversation. *Biodiversity and Conservation* **18**:3733-3742. Disponible en <http://link.springer.com/10.1007/s10531-009-9675-6> (consultado en mayo 9, 2014).
- Katsanevakis, S., G. Verriopoulos, A. Nicolaidou, y M. Thessalou-Legaki. 2007. Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: A manipulative field experiment. *Marine Pollution Bulletin* **54**:771-778.
- Kendall, K. C., y K. S. McKelvey. 2008. Hair collection. Páginas 142-182 en R. A. Long, P. MacKay, W. J. Zielinski, y J. C. Ray, editores. *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press, Washington D.C.

- Kitchell, R. L. 1987. Problems in defining pain and periferal mechanisms of pain. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **191**:1195-1199.
- Krag, A. 2008. Field research: The animal welfare view. Norwegian Animal Protection Alliance. Disponible en <http://norecopa.no/norecopa/vedlegg/30Krag.pdf>.
- Kroodsma, D. E., y E. H. Miller, editores. 1996. Ecology and evolution of acoustic communication in birds. Cornell University Press, Ithaca.
- Laiolo, P. 2010. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. *Biological Conservation* **143**:1635-1645.
- Leopold, A., y C. W. Schwartz. 1949. A Sand County Almanac, and Sketches Here and There. Oxford university Press, Nueva York.
- Leung, Y. F., y J. L. Marion. 1996. Trail degradation as influenced by environmental factors: A state-of-the-knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation* . **51**:130-136.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, 25 de febrero de 2003. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 26 de marzo de 2015. México.
- Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación, 24 de julio de 2007. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 4 de junio de 2015. México.
- Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, 3 de julio de 2000. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 26 de enero de 2015. México.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 9 de enero de 2015. México.
- Leyton, F. 2008. Programa : Ética , Política y Racionalidad en la Sociedad Global Ética Ecológica y Bioética : algunos apuntes.
- Loreau, M. 2010. Linking biodiversity and ecosystems: Towards a unifying ecological theory. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B* **365**:49-60.
- Lovelock, J. 1972. Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment* **6**:579-580.
- Margulis, L. 1995. Gaia is a tough bitch. Páginas 129-146 en J. Brockman, editor. *The third culture: beyond the scientific revolution*. Simon & Schuster, Nueva York.
- Marion, B. J., y J. Wimpey. 2007. Environmental Impacts of Mountain Biking : Science Review and Best Practices. Disponible en <http://www.imba.com/resources/research/trail-science/environmental-impacts-mountain-biking-science-review-and-best-practices>.
- Mathieson, A., y G. Wall. 1982. *Tourism: economic, physical and social impacts*. Longman, Harlow.
- Matiella Pineda, C. 2003, mayo. La relación con el enfermo. *Gaceta UNAM Iztacala*:1-20. México D.F. Disponible en <http://www.iztacala.unam.mx/~rrivas/lecturas/matiella.pdf>.
- McConway, K. 1992. The number of subjects in animal behaviour experiments: is Still still right? Páginas 35-38 en M. Dawkins y L. Gosling, editores. *Ethics in Research on Animal Behaviour*. Academic Press, Londres.
- McCormick, T. R. 2013. *Principles of Bioethics*. University of Washington. Disponible en <https://depts.washington.edu/bioethx/tools/princpl.html> (consultado en abril 14, 2015).

- McGinley, M. 2014. Mutualism. Disponible en <http://www.eoearth.org/view/article/51cbee7b7896bb431f698251/>.
- McGinley, M. 2015. Predation. Disponible en <http://www.eoearth.org/view/article/51cbeea7896bb431f69971f/>.
- Meaney, C., A. Ruggles, B. Lubow, y N. Clippinger. 2002. The impact of recreational trails and livestock grazing on small mammals in the Colorado Piedmont. *Prairie Naturalist* **34**:115-136.
- Meine, C. D. 2010. Aldo Leopold: his life and work. (W. Berry, editor). University of Wisconsin Press.
- Mellor, D. J., N. J. Beausoleil, y K. J. Stafford. 2004. Marking amphibians , reptiles and marine mammals : animal welfare , practicalities and public perceptions in New Zealand.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC.
- Miller, J. R., y N. T. Hobbs. 2000. Recreational trails, human activity, and nest predation in lowland riparian areas. *Landscape and Urban Planning* **50**:227- 236.
- Ministerio de Poder Popular para Ciencia Tecnología e Industrias Intermedias, y Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. 2008. Código de bioética y bioseguridad, 3ra edición. Disponible en [http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/biolanimlab/archivos/codigo\\_fonacit\\_2008.pdf](http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/biolanimlab/archivos/codigo_fonacit_2008.pdf).
- Minteer, B. a, J. P. Collins, K. E. Love, y R. Puschendorf. 2014. Ecology. Avoiding (re)extinction. *Science* **344**:260-1. Disponible en <http://www.sciencemag.org/content/344/6181/260.full>.
- Minteer, B. a., y J. P. Collins. 2005a. Why We Need an «Ecological Ethics». *Frontiers in Ecology and the Environment* **3**:332–337.
- Minteer, B. a., y J. P. Collins. 2005b. Ecological Ethics: Building a New Tool Kit for Ecologists and Biodiversity Managers. *Conservation Biology* **19**:1803-1812. Disponible en <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2005.00281.x> (consultado en diciembre 10, 2014).
- Mooney, H. A., y E. E. Cleland. 2001. The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **98**:5446-5451.
- Mullican, T. R. 1988. Radio telemetry and fluorescent pigments: a comparison of techniques. *Journal of Wildlife Management* **52**:627-631.
- Müllner, A., K. E. Linse, air, y M. Wikelski. 2004. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress responses in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). *Biological Conservation* **118**:549-558.
- Murray, D. L., y M. R. Fuller. 2000. A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. en L. Boitani y T. K. Fuller, editores. *Research techniques in animal ecology: Controversies and consequences*.
- Naess, A. 1973. The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. *Inquiry* **16**:95-100.
- Narro-Robles, J. 2012, septiembre. Acuerdo por el que se establece el Programa Universitario de Bioética. *Gaceta UNAM*:23-24. México D.F.
- NASDA. 2001. *The Animal Health Safeguarding Review: Results and Recommendations.* ] National Association of State Departments of Agriculture., Washington D.C.



- National Health and Medical Research Council. 2013. Australian code of practice for the care and use of animals for scientific purposes, 8va edición. National Health and Medical Research Council, Canberra.
- Nietfeld, M. T., M. W. Barrett, y N. Silvy. 1994. Wildlife marking techniques. Páginas 140-168 en T. A. Bookhout, editor. Research and management techniques for wildlife and habitats. Wildlife Society, Bethesda.
- Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 2010. Diario Oficial de la Federación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. 1999. Diario Oficial de la Federación.
- Norma oficial mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000. Por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el Territorio. 2000. Diario Oficial de la Federación.
- Norton, D. A., J. M. Lord, D. R. Given, y P. J. De Lange. 1994. Over-collecting: An overlooked factor in the decline of plant taxa. *Taxon* **43**:181-185.
- Obrist, M. K., G. Pavan, J. Sueur, K. Riede, D. Llusia, y R. Márquez. 2010. Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories.
- Oli, M. K. 1993. A key for the identification of the hair of mammals of a snow leopard (*Panthera uncia*) habitat in Nepal. *Journal of Zoology* **231**:71-93.
- Organización de las Naciones Unidas. 1972. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Publicación de las Naciones Unidas, Estocolmo.
- Ostfeld, R. S., y F. Keesing. 2000. Biodiversity series: The function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Canadian Journal of Zoology* **78**:2061-2078.
- Outón de la Garza, S. (s. f.). Bioética y Ecoética. Disponible en [http://www.bioetica.unam.mx/bio\\_y\\_eco.pdf](http://www.bioetica.unam.mx/bio_y_eco.pdf).
- Owings, D. H., y E. S. Morton. 1998. Animal vocal communication a new approach. Cambridge University Press, Cambridge.
- Parris, K. M., S. C. McCall, M. a. McCarthy, B. a. Minter, K. Steele, S. Bekessy, y F. Medvecky. 2010. Assessing ethical trade-offs in ecological field studies. *Journal of Applied Ecology* **47**:227-234. Disponible en <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2664.2009.01755.x> (consultado en diciembre 10, 2014).
- Pauli, J. N., M. B. Hamilton, E. B. Crain, y S. W. Buskirk. 2008. A single-sampling hair trap for mesocarnivores. *Journal of Wildlife Management* **72**:1650-1652. Disponible en <http://dx.doi.org/10.2193/2007-588>.
- Pearman, P. B., A. Guisan, O. Broennimann, y C. Randin. 2007. Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology & Evolution* **23**:149-158.
- Petrak, M. 1990. Habitat use as assessed by vegetation survey. Páginas 22-31 en G. W. T. A. Groot Bruinderink y S. E. van Wieren, editores. Methods for the study of large mammals in forest ecosystems. Research Institute for Nature Management, Arnhem.
- Potter, V. R. 1970. Bioethics, the science of survival. *Perspectives in biology and medicine* **14**:127-152.

- Potter, V. R. 1971. *Bioethics: Bridge to the future*. Prentiss Hall, Englewood Cliffs.
- Powell, R. A., y G. Proulx. 2003. Trapping and marking terrestrial mammals for research: integrating ethics, performance criteria, techniques, and common sense. *ILAR Journal* **44**:259-276.
- Putman, R. J. 1984. Facts from faeces. *Mammal Review* **14**:79-97.
- Putman, R. J. 1990. Patterns of habitat use: An examination of the available methods. Páginas 22-31 en G. W. T. A. Bruinderink Groot y S. E. van Wieren, editores. *Methods for the study of large mammals in forest ecosystems*. Research Institute for Nature Management, Arnhem.
- Quintana, C. 2012. Fritz Jahr: padre europeo de la Bioética. Disponible en <http://www.bioeticadesdeasturias.com/2012/06/fritz-jahr-padre-europeo-de-la-bioetica.html> (consultado en octubre 13, 2014).
- Razafimahaimodison, J. C. 2003. Biodiversity and ecotourism: Impacts of habitat disturbance on an endangered bird species in Madagascar. *Biodiversity* **4**:9-16.
- Regan, T. 1983. *The case for animal rights*. University of California Press.
- Regan, T. 2007. Derechos animales y ética medioambiental. Páginas 121-122 en Herrera y Asunción, editores. *De animales y hombres*. Studia Philosophica. Madrid.
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, 21 de febrero de 2005. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 31 de octubre de 2014. México.
- Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre de 2006. Reforma: Diario Oficial de la Federación, 9 de mayo de 2014. México.
- Reglamento para salidas profesionales y prácticas de campo de la Facultad de Ciencias. 2012. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en [http://www.fciencias.unam.mx/nosotros/comision/Reglamento de Pr%C3%A1cticas de Campo y Salidas Profesionales Facultad de Ciencias.pdf](http://www.fciencias.unam.mx/nosotros/comision/Reglamento%20de%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Campo%20y%20Salidas%20Profesionales%20Facultad%20de%20Ciencias.pdf).
- Rieseberg, L. H., y J. F. Wendel. 1993. Introgression and its consequences in plants. Páginas 70-109 en R. Harrison, editor. *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford University Press, Oxford.
- Riordan, P. 1998. Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints. *Animal Conservation* **1**:253-262.
- Rocha, L., A. Aleixo, G. Allen, F. Almeda, C. C. Baldwin, M. V. L. Barclay, J. M. Bates, A. M. Bauer, F. Benzoni, y C. M. Berns. 2014. Specimen collection: An essential tool. *Science*.
- Roe, D., N. Leader-Williams, y B. Dalal-Clayton. 1997. Take only photographs, leave only footprints: the environmental impacts of wildlife tourism. 10, *Wildlife and Development Series*. London.
- Rollin, B. E. 1995. *Farm animal welfare: Social, bioethical, and research issues*. Iowa State University Press, Ames.
- Rolston, H. 2003. Environmental Ethics. Páginas 517-530 en N. Bunnin y E. P. Tsui-James, editores. *The Blackwell Companion to Philosophy*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Rolston III, H. 1994. Value in nature and the nature of value. Página 25 *Philosophy and the natural environment*. Cambridge University Press.
- Roper, T. J., L. Conradt, J. Butler, S. E. Christian, J. Ostler, y T. K. Schmid. 2012. Territorial marking with faeces in badgers (*Meles meles*): A comparison of boundary and hinterland latrine use. *Behaviour* **127**:289-307.

- Rovirosa-Hernández, M. de J., A. González-Christen, y M. Alvarado-Olivares. 2013. Importancia de la Bioética en el manejo de animales para la investigación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. Disponible en <http://ride.org.mx/1-11/index.php/RIDESECUNDARIO/article/viewFile/231/226>.
- Ruckebusch, Y., y L. P. Phaneuf. 1991. *Physiology of small and large animals*. BC Decker, Filadelfia.
- Sanford, J., R. Ewubank, V. Molony, W. D. Tavernor, y O. Uvarov. 1986. No Title. *Veterinary Record* **118**:334-338.
- Sass, H. M. 2007. Fritz Jahr's 1927 Concept of Bioethics. *Kennedy Institute of Ethics Journal* **17**:279-295.
- Schochet, J. 2015. Consequences of biodiversity loss. Rainforest Conservation Fund. Disponible en <http://www.rainforestconservation.org/rainforest-primer/>.
- Schweitzer, A. 1933. *Out of my life and thought: an autobiography*. The Johns Hopkins University Press.
- Science for Environmental Policy. 2011. *Plastic Waste: ecological and human health impacts*. DG Environmental News Alert Service, In-Depth Report.
- Semarnat. 2003. Norma oficial mexicana nom-087-semarnat-ssal-2002, protección ambiental - salud ambiental - residuos peligrosos biológico- infecciosos - clasificación y especificaciones de manejo.
- Semarnat. 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. compendio de estadísticas ambientales. indicadores clave y de desempeño ambiental.
- Sherwin, C. M., S. B. Christiansen, I. J. Duncan, H. W. Erhard, D. C. Lay, J. A. Mench, C. E. O'Connor, y J. Carol Petherick. 2003. Guidelines for the ethical use of animals in applied ethology studies. *Applied Animal Behaviour Science* **81**:291-305.
- SICB Code of ethics. 2015. The Society for Integrative and Comparative Biology. Disponible en <http://www.sicb.org/about/code.php3>.
- Sikes, R. S., y E. Paul. 2013. Fundamental differences between wildlife and biomedical research. *ILAR journal* **54**:5-13. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23904527>.
- Silvy, N. J., R. R. Lopez, y M. J. Peterson. 2005. Wildlife marking techniques. Páginas 339-376 en C. E. Braun, editor. *Techniques for wildlife investigations and management.*, 6ta edición. Bethesda.
- Singer, P. 2011. *Practical Ethics*, 3era edición. Cambridge University Press, Nueva York.
- Smallwood, K. S., y E. L. Fitzhugh. 1993. A rigorous technique for identifying individual mountain lions (*Felis concolor*) by their tracks. *Biological Conservation* **65**:51-59.
- Smith, L., y L. Burgoyne. 2004. Collecting, archiving and processing DNA from wildlife samples using FTA databasing paper. *BMC Ecology* **4**:4.
- Soberón Mainero, J. 2002. *Ecología de poblaciones.*, 3th edición. FCE / SEP / Conacyt, México D.F.
- Society for Conservation Biology. 2005. Society for Conservation Biology Code of Ethics. *Conservation Biology* **19**:3.
- Soulé, M. E. 1985. What is conservation biology? *BioScience* **35**:727-734.
- Soulé, M. E., y B. A. Wilcox. 1980. *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*. (M. E. Soulé y B. A. Wilcox, editores). Sinauer Associates, Sunderland.
- Stephenson, P. 1993. The impacts of tourism on nature reserves in Madagascar: Perinet, a case-study. *Environmental Conservation* **20**:262-265.

- Still, A. W. 1982. On the number of subjects used in animal behaviour experiments. *Animal Behaviour* **30**:873-880.
- Stoddart, D. M. 1980. *The ecology of vertebrate olfaction*. Springer Netherlands.
- Sueur, J., y S. Puissant. 2007. Biodiversity eavesdropping: bioacoustics confirms the presence of *Cicadetta montana* (Insecta, Hemiptera, Cicadidae) in France. *Annales de la Société entomologique de France* **43**:126-128.
- Tanttu, J. T., y J. Turunen. 2008. Computational methods in analysis of bird song complexity. Páginas 125-130 en K.-H. Frommolt, R. Bardeli, y M. Clausen, editores. *Proceedings of the International Expert meeting on IT-based detection of bioacoustical patterns*. International Academy for Nature Conservation, Isle of Vilm.
- Tarbuck, E. J., y F. K. Lutgens. 2005. *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física*, 8va edición. Pearson / Prentice Hall.
- Taylor, P. 1995. The ethics of respect for nature. Página 5 en A. Brennan, editor. *The ethics of the environment*.
- Tonnesen, A. S., y J. J. Ebersole. 1997. Human trampling effects on regeneration and age structures of *Pinus edulis* and *Juniperus monosperma*. *Great Basin Naturalist* **57**:50-56.
- TRAFFIC. 2008. Wildlife trade: what is it? Disponible en <http://www.traffic.org/trade/>.
- UNESCO. (s. f.). Declaración niversal sobre Bioética y Derechos Humanos. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Disponible en [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=31058&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=31058&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).
- UNESCO. 1974. Recomendación relativa a la situación de los investigadores científicos. Disponible en [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=13131&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13131&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Why is biodiversity in crisis? Disponible en [https://www.iucn.org/iyb/about/biodiversity\\_crisis/](https://www.iucn.org/iyb/about/biodiversity_crisis/).
- Valdés, A. 2010. Cómo controlan la erosión las raíces de las plantas. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Disponible en <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol23num2/articulos/erosion/>.
- Van Dyke, F. G., R. H. Brocke, y H. G. Shaw. 1986. Use of road track counts as indices of mountain lion presence. *The Journal of Wildlife Management* **50**:102-109.
- Vanda-Cantón, B. 2003. La experimentación biomédica en animales en los códigos bioéticos. *Laborat-acta* **15**:69-73.
- Vanda-Cantón, B. 2011. ¿Cómo tomar una decisión ética? *Bios&ethos. Diálogos Bioéticos* **1**:21-24.
- Vaske, J., D. Decker, y M. Manfredo. 1995. Human dimensions of wildlife management: an integrated framework for coexistence. Páginas 33-49 en R. Knight y K. Gutzwiller, editores. *Wildlife and Recreationists: Coexistence Through Management and Research*. Island Press, Washington D.C.
- Vaughan, N., G. Jones, y S. Harris. 1997. Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation call parameters. *Bioacoustics* **7**:189-207.
- Velayos, C. 1996. La dimensión moral del ambiente natural: ¿Necesitamos una nueva ética? *Comares*.
- Viesca-Treviño, C. 2008. Bioética, concepto y métodos. Páginas 53-89 en F. de C. E. / C. N. de los D. H. N. A. de México, editor. *Perspectivas de Bioética*. México D.F.
- Wagner, S. C. 2010. Keystone species. *Nature Education Knowledge* **3**:51.

- Wake, D. B., y V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **105**:11466–11473.
- Walker, T. J. 1964. Cryptic species among sound-producing ensiferan Orthoptera (Gryllidae and Tettigoniidae). *Quarterly Review of Biology* **39**:345-355.
- Washington Invasive Species Council. (s. f.). Reducing accidental introductions of invasive species. Disponible en [http://www.invasivespecies.wa.gov/documents/invasive species prevention protocol.pdf](http://www.invasivespecies.wa.gov/documents/invasive_species_prevention_protocol.pdf) (consultado en febrero 13, 2015).
- Waters, J. R., P. Van Meter, W. Perrotti, S. Drogo, y R. J. Cyr. 2005. Cat dissection vs. sculpting human structures in clay: an analysis of two approaches to undergraduate human anatomy laboratory education. *Advances in Physiology Education* **29**:27-34.
- Wilson, G. J., y R. J. Delahay. 2001. A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field signs and observation. *Wildlife Research* **28**:151-164.
- Winker, K., J. Michael Reed, P. Escalante, R. a. Askins, C. Cicero, G. E. Hough, y J. Bates. 2010. The importance, effects, and ethics of bird collecting. *The Auk* **127**:690-695. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1525/auk.2010.09199> (consultado en diciembre 10, 2014).
- WMM. 2013. Declaration of Helsinki- Ethical principles for medical research involving human subjects. *The Journal of the American Medical Association* **310**:2191-2194.
- World Wildlife Fund. 2015. Unsustainable and illegal wildlife trade. Disponible en [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/species/problems/illegal\\_trade/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/species/problems/illegal_trade/).

**APÉNDICE I**  
**Las prácticas de campo de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, semestre 2015-2**

Tabla 1. Número de visitas recibidas por localidad

Número de grupos	Localidad	Estado
26	El Morro de la Mancha	Veracruz
19	Llano Grande	Puebla
19	Puerto de Veracruz	Veracruz
15	Tehuacán	Puebla
13	Jalapa	Veracruz
12	Perote	Veracruz
11	Puebla	Puebla
9	Tlapacoyan	Veracruz
9	Alchichica	Puebla
7	Los Tuxtlas	Veracruz
7	El Ocotal	Veracruz
7	Zapotitlán de las Salinas	Puebla
7	Tepexi de Rodríguez	Puebla
7	San Juan Raya	Puebla
7	Tuxpan	Veracruz
6	Cuetzalan	Puebla
6	Río Alseseca	Veracruz
6	Montepío	Veracruz
6	Cascada La Tomata	Veracruz
6	Mandinga	Veracruz
6	El Chico	Hidalgo
6	Tepoztlán	Morelos
5	Catemaco	Veracruz
5	Minas las Derrumbadas	Puebla
5	La Cima	Morelos
4	Xico	Veracruz
4	Barra de Sontecomapan (Catemaco)	Veracruz
4	Jardín Botánico (Helia Bravo)	Puebla
4	Pachuca	Hidalgo
4	Metztlán	Hidalgo
4	Playa Penacho	Veracruz
4	Huauchinango	Puebla
4	Tecali de Herrera	Puebla

4	Santa Ana Teloxtoc	Puebla
3	Cuernavaca	Morelos
3	Playa Mocambo	Veracruz
3	Tampamachoco	Veracruz
3	Playa Hermosa (San Andrés Tuxtla)	Veracruz
3	Actopan	Hidalgo
3	Zacualtipán	Hidalgo
3	Zongolica	Veracruz
3	Necaxa	Puebla
3	Atexcal	Puebla
3	San Martín Atexcal	Puebla
3	Salto de San Antón	Morelos
3	Atexcal	Puebla
3	La Joya	Querétaro
3	Ixtapaluca	Estado de México
2	Coatepec	Veracruz
2	Río Frío (Catemaco)	Veracruz
2	Amozoc	Puebla
2	Paso de Ovejas	Veracruz
2	COLPOS Veracruz	Veracruz
2	Tamiahua	Veracruz
2	Tepatepec	Hidalgo
2	La Estanzuela	Hidalgo
2	El Cedral	Hidalgo
2	Atotonilco el Grande	Hidalgo
2	Teotitlán de Flores Mgón	Oaxaca
2	Orizaba	Veracruz
2	Acatzingo	Puebla
2	Yohualichan (Cuetzalan)	Puebla
2	San Salvador El Seco	Puebla
2	Cardel	Veracruz
2	Cadereyta de Montes	Querétaro
2	Jalpan	Querétaro
2	Grutas de Cacahuamilpa	Guerrero
2	Tepeyahualco	Puebla
2	Huasca de Ocampo	Hidalgo
2	Mineral del Monte	Hidalgo
2	San Martín	Querétaro
2	Cruz Azul	Hidalgo
2	Playa Blanca	Veracruz

---

2	El Pueblito	Querétaro
2	Lerma de Villada	Estado de México
2	Zacate Colorado	Veracruz
2	Poza Rica	Veracruz
2	Punta Delgada	Veracruz
2	Jilotzingo	Estado de México
2	Isidro Fabela	Estado de México
2	Nicolás Romero	Estado de México
2	San Gabriel Chilac	Puebla
2	San Antonio Texcala	Hidalgo
1	Zacatepec	Morelos
1	Bahía de Banderas	Nayarit
1	C.U.	Distrito Federal
1	Playa Azul (Catemaco)	Veracruz
1	Antón Lizardo	Veracruz
1	Isla Verde	Veracruz
1	Dos Amates (Catemaco)	Veracruz
1	Isla Sacrificio	Veracruz
1	COLPOS Puebla	Puebla
1	Playa Chachalacas	Veracruz
1	Tecolutla	Veracruz
1	La Candelaria	Puebla
1	El Tejocote	Veracruz
1	Río Malila	Hidalgo
1	Molango	Hidalgo
1	La Virgen	Hidalgo
1	Lontla	Hidalgo
1	Rancho el Carmen	Puebla
1	Plan de Arroyos	Veracruz
1	Cascada de Texolo	Veracruz
1	La Soledad	Puebla
1	Presa Purrón	Puebla
1	Teziutlán	Puebla
1	Córdoba	Veracruz
1	Santos Reyes Nopala	Oaxaca
1	Cascada las Hamacas (Cuetzalan)	Pueblas
1	Cuicatlán	Oaxaca
1	Altotonga	Veracruz
1	Roca Partida (San Andrés Tuxtla)	Veracruz
1	Presa Omiltemetl	Hidalgo
1	Tenango	Puebla

---



1	Planta el Encinal	Estado de México
1	Ixmiquilpan	Hidalgo
1	Zimapán	Hidalgo
1	Peña Blanca	Querétaro
1	Amacuzac	Morelos
1	Izúcar de Matamoros	Puebla
1	Rio Mezcala	Puebla
1	San José Texcalapa	Puebla
1	San Juan Ixcaquixtla	Puebla
1	San Matías Tlalancaleca	Puebla
1	Santa Cruz Nuevo	Puebla
1	Volcán Pelado	Distrito Federal
1	Xalostoc	Morelos
1	Afloramiento Amador Salazar	Morelos
1	San Juanito Yautepec	Morelos
1	Santa María Regla	Hidalgo
1	Bosque del Hiloche	Hidalgo
1	Peñas Cargadas	Hidalgo
1	Zacapalco	Morelos
1	Peña de Bernal	Querétaro
1	San Joaquín Tequisquiapan	Querétaro
1	Acatlán	Puebla
1	Santa María Mazatla	Estado de México
1	Río Venados	Hidalgo
1	Jilotepec	Estado de México
1	Las Peñas	Estado de México
1	Soyaniquilpan de Juárez	Estado de México
1	Los Tigres	Estado de México
1	Zoológico de Zacango	Estado de México
1	Africam Safari	Puebla
1	Tuzoofari	Hidalgo
1	Tenancingo	Estado de México
1	Ixtapan de la Sal	Estado de México
1	Tonatico	Estado de México
1	San Juan de las Huertas	Estado de México
1	Parque de los Venados	Distrito Federal
1	Nevado de Toluca	Estado de México
1	Tlalpujahuá	Michoacán
1	Acutzilapan	Estado de México
1	Acajete	Puebla
1	Apulco	Puebla

---

1	Rancho Nuevo	Querétaro
1	San Juan de los Durán	Querétaro
1	Río Ayutla	Querétaro
1	Huajuapán de León	Oaxaca
1	Panotla	Tlaxcala
1	San Esteban Tizatlán	Tlaxcala
1	Tampico Alto	Veracruz
1	Barra de Cazonces	Veracruz
1	Parque Ecológico Cubitos	Hidalgo
1	Mineral del Chico	Hidalgo
1	Tepeji del Río de Ocampo	Hidalgo
1	Zacamitla	Veracruz
1	Huatusco	Veracruz
1	Texcoco	Estado de México
1	Los Reyes Metzontla	Puebla
1	Almoloya del Río	Estado de México
1	San Mateo	Hidalgo
1	Zaragoza	Puebla
1	Tlatlauquitepec	Puebla
1	Tuxtla Gutiérrez	Chiapas
1	Pluma de Oro	Chiapas
1	Vicente Guerrero	Chiapas
1	Chamela	Jalisco

---

## APÉNDICE II

### La legislación mexicana vigente en materia de colecta científica

#### ***La NOM-059-SEMARNAT-2010***

La NOM-059-SEMARNAT-2010 (2010) establece las especificaciones y criterios para la inclusión, exclusión y reclasificación de las especies mexicanas de plantas, hongos y animales en cuatro categorías de riesgo: probablemente extintas en el medio silvestre (véase glosario), en peligro de extinción (véase glosario), amenazadas (véase glosario) y sujetas a protección especial (véase glosario). Además, contiene un listado actualizado de las especies que se encuentran clasificadas dentro de alguna de estas categorías en nuestro país. Por lo tanto, es necesario que el personal involucrado en las prácticas de campo consulte esta Norma con el fin de evitar la colecta de los organismos enlistados en ella.

#### ***La NOM-126-SEMARNAT-2000.***

La NOM-126-SEMARNAT-2000 (2000) establece las especificaciones referentes a la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en México, a excepción del germoplasma forestal y de organismos acuáticos, cuyas colectas con fines científicos están reguladas por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS), respectivamente.

Esta Norma reconoce dos tipos de autorizaciones para la realización de colectas científicas: la licencia de colector científico y el permiso especial de colecta científica. La licencia de colector científico puede otorgarse a las personas adscritas a instituciones reconocidas de investigación o de educación superior en México, a estudiantes mexicanos inscritos en instituciones equivalentes en el extranjero, y a particulares con experiencia en la colecta científica y en el estudio de la biodiversidad del país. Esta autorización faculta a su titular y a los estudiantes y personal bajo su supervisión para coleccionar material biológico, exceptuando los organismos vivos que estén enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por ende, es necesario que los académicos cuenten con esta autorización cuando las prácticas de campo contemplen la colecta científica y que la renueven anualmente.

El permiso especial de colecta científica, por su parte, puede ser solicitado por cualquier persona que no cumpla con uno de los requisitos para la obtención de una licencia o que requiera coleccionar especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. A diferencia de la licencia de colecta científica, el permiso sólo tiene vigencia de un año, aunque es posible solicitar una ampliación de este periodo.

#### ***La “Ley General de Vida Silvestre” (LGVS) y su Reglamento***

Esta Ley (2015) y su Reglamento (2014) tienen por objetivo regular la conservación y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en México, a excepción de los

recursos forestales y de los organismos de vida acuática que no están en riesgo. Entre otras funciones, amplían lo establecido por la NOM-126-SEMARNAT-2000 y establecen los requisitos con los que debe cumplir una solicitud para la obtención de una licencia de colector científico expedida por la SEMARNAT. Estos requisitos varían dependiendo de si la licencia se solicita con propósitos de enseñanza, por línea de investigación, y por proyecto de investigación, así como si se planea coleccionar ejemplares pertenecientes a poblaciones o a especies en riesgo, o en hábitat crítico. Por lo tanto, esta Norma contempla la colecta que se realiza específicamente con fines de docencia.

La “Ley General de Vida Silvestre” también establece que, en caso de daños a la flora y fauna silvestre o a su hábitat, los responsables legales son el propietario del predio y quienes realizaron las colectas y el aprovechamiento. Por ende, los académicos y los alumnos deben asumir responsabilidad sobre las posibles alteraciones que provoquen a los seres vivos y al medio durante sus colectas.

#### ***La “Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables” (LGPAS)***

Esta Ley (2015) se encarga de regular, propiciar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas en México. Entre sus muchas facultades, destaca la regulación de la emisión de concesiones y permisos referentes a los distintos tipos de pesca, entre los que se encuentra la pesca de fomento. La pesca de fomento es aquella que se realiza con fines de investigación científica, de conservación y de colecta de ejemplares vivos, ya sea para recreación y ornato o para el enriquecimiento de las colecciones biológicas, por lo que la colecta científica de la flora y fauna acuática realizada durante las prácticas de campo entra dentro de esta categoría.

La LGPAS sanciona la realización de las colectas de flora y fauna acuática sin el permiso correspondiente; la colecta de organismos reproductivos, demasiado jóvenes, en veda o en alguna categoría de riesgo; coleccionar volúmenes superiores de ejemplares a los establecidos por el permiso; dañar o contaminar gravemente el ecosistema; y comerciar o lucrar con los recursos pesqueros obtenidos. Esto tiene por objetivo asegurar la reproducción y el reclutamiento de los organismos acuáticos, así como procurar las menores alteraciones posibles al medio producto de las colectas.

#### ***La “Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable” (LGDFS) y su Reglamento***

Esta Ley (2015) tiene por objetivo regular y fomentar la conservación, la restauración, la producción y el manejo de los ecosistemas y recursos forestales del país. Esta Ley y su Reglamento (2014) reconocen la importancia de conservar a las especies endémicas y en riesgo, por lo que establecen que los métodos empleados para las colectas científicas deben provocar el menor impacto posible sobre estas especies y sobre su hábitat. Asimismo, detallan los requisitos necesarios para tramitar una solicitud para la realización de colectas con fines de investigación ante la SEMARNAT.

### ***La “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente” (LGEEPA)***

Esta Ley (2015) es la encargada de asegurar la preservación y la restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en México. Una de las herramientas de las que se vale para garantizar estos fines es ‘la formación de especialistas [...] para la investigación de las causas y efectos de los fenómenos ambientales’, por lo que tiene implicaciones directas sobre la formación y el ejercicio profesional de los biólogos. La LGEEPA también establece en qué partes de las Áreas Naturales Protegidas es posible llevar a cabo la colecta científica, y dispone que es obligación de los interesados procurar el menor impacto ecológico y llevar a cabo prácticas orientadas a la preservación de la integridad de las comunidades biológicas y de los ecosistemas.

### ***Las sanciones al incumplimiento***

Cuando los docentes y los estudiantes no cuentan con las licencias o permisos necesarios, ponen en riesgo la integridad de los ecosistemas, comercian con productos de origen ilegal, no entregan la información requerida por las distintas Secretarías, o violan de alguna manera lo establecido por las Leyes y Reglamentos anteriores, están sujetos a sanciones. Entre estas sanciones se encuentran las amonestaciones escritas, la suspensión o revocación de las autorizaciones para colectar, las multas, la clausura de las instalaciones y del equipo con el que se llevó a cabo la infracción, el arresto administrativo hasta por 36 horas, y el aseguramiento precautorio de los ejemplares ("Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables" 2015; "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" 2015; "Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable" 2014; "Ley General de Vida Silvestre" 2015).

## GLOSARIO

**BIENESTARISMO:** Corriente dentro del movimiento de protección animal que acepta el uso humanitario de los animales y busca la elaboración e implementación de reformas para mejorar las condiciones de vida de los animales en la industria alimentaria y en la investigación científica (Greenebaum 2009).

**BIOÉTICA:** Uso valorativo, interdisciplinario, plural e integral del diálogo entre la ciencia y la ética para formular y resolver, en la medida de lo posible, los problemas planteados por la investigación científica y tecnológica a la vida, a la salud y al medio ambiente (Abel et al. 2002)

**BIOSEGURIDAD:** Suma de las prácticas de evaluación y de manejo de riesgos encaminadas a la defensa contra las amenazas biológicas (NASDA 2001).

**CICLOS BIOGEOQUÍMICOS:** Procesos biológicos, geológicos y químicos mediante los cuales la materia y la energía se transforman, se intercambian, se transportan y se reutilizan en la superficie de la Tierra (Hedges 1992).

**COMENSALISMO:** Interacción ecológica interespecífica en la que una especie se beneficia de su asociación con otra, la cual no recibe beneficios ni daños aparentes (Hogan 2012a).

**COMPETENCIA:** Interacción ecológica intra o interespecífica que se presenta cuando existe una abundancia limitada de los recursos, por lo que ambas partes salen potencialmente perjudicadas. Se caracteriza porque un organismo o especie priva a otra de un recurso que hubiera estado disponible para su aprovechamiento, lo cual repercute sobre su crecimiento, supervivencia o reproducción (Begon et al. 2006).

**DEGRADACIÓN (ALTERACIÓN):** Modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma, como en el caso de la deforestación (Semarnat 2013).

**DENSIDAD POBLACIONAL:** Número de individuos de una misma especie que ocurren por unidad de área o de volumen (Begon et al. 2006).

**DEPREDACIÓN:** Interacción interespecífica en la que una especie (depredador) se alimenta de otra (presa). Por ende, el depredador se beneficia a costa de la presa (McGinley 2015).

**DESPLAZAMIENTO DE NICHO:** Cualquier cambio en la posición del nicho fundamental o realizado de una especie. El nicho fundamental se refiere a los requerimientos de una especie para que sus tasas de crecimiento poblacional sean positivas independientemente de las interacciones ecológicas, mientras que el nicho realizado o hutchinsoniano es la porción del nicho fundamental en el que una especie crece de manera positiva dentro de los límites de las interacciones ecológicas (Pearman et al. 2007).

**EROSIÓN:** proceso de desgaste y transporte del suelo o roca por acción de agentes dinámicos como el agua, el hielo y el viento (Tarbuck & Lutgens 2005).

**ESPECIE AMENAZADA:** Aquélla que podría estar en peligro de desaparecer en caso de que permanezcan los factores que afectan negativamente su viabilidad (NOM-059-SEMARNAT-2010).

**ESPECIE CLAVE:** Aquélla que posee un efecto desproporcionadamente grande sobre su comunidad en relación con su biomasa o abundancia (Wagner 2010).

**ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN:** Aquélla cuya área de distribución o tamaño poblacional en el Territorio Nacional ha disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural (NOM-059-SEMARNAT-2010).

**ESPECIE EXÓTICA:** Aquélla que se han desarrollado fuera de su área natural de distribución o de dispersión potencial (CONABIO 2014).

**ESPECIE PROBABLEMENTE EXTINTA EN EL MEDIO SILVESTRE:** Aquélla que es nativa de México y cuyos ejemplares han desaparecido en vida libre dentro de nuestro país, mas no en cautiverio o en otros países (NOM-059-SEMARNAT-2010).

**ESPECIE SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL:** Aquélla que, por considerarse susceptible a estar amenazada, requiere de acciones para propiciar su recuperación y conservación, o la de especies asociadas (NOM-059-SEMARNAT-2010).

**ÉTICA AMBIENTAL:** Disciplina filosófica que estudia la relación moral de los seres humanos con el ambiente, así como el valor y *status* moral de éste y de sus componentes no humanos (Brennan & Lo 2011).

**ÉTICA ECOLÓGICA:** Rama aplicada de la Ética que estudia los dilemas morales que resultan de la investigación en Ecología y Biología de campo, y del manejo de vida silvestre (Minteer & Collins 2005a, 2005b).

**ÉTICA NORMATIVA:** Rama de la ética que se encarga de la formulación y de la justificación de los criterios o estándares morales que regulan las conductas buenas y malas (Fieser 2015).

**EUTANASIA:** Procedimiento humanitario empleado para terminar la vida de un ser vivo sin producirle dolor, angustia o sufrimiento (NOM-062-ZOO-1999 1999)

**EXCLUSIÓN COMPETITIVA:** Imposibilidad de que dos o más competidores completos coexistan en un mismo hábitat. Esto se debe a que cuando dos o más especies utilizan los mismos recursos, una será más exitosa en su aprovechamiento que las demás por lo que las privará de recursos (Hardin 1960).

**FRAGMENTACIÓN:** Transformación del paisaje que se caracteriza por dejar pequeños parches o remanentes de vegetación original rodeados de superficie alterada (Semarnat 2013).

**HIBRIDACIÓN:** “Entrecruzamiento de individuos de dos poblaciones, o grupos de poblaciones, que son distinguibles con base en uno o más caracteres heredables” (Harrison 1993).

**INTROGRESIÓN:** “Incorporación permanente de genes de un conjunto de poblaciones diferenciadas en otro, es decir, la incorporación de genes extraños en un nuevo sistema de población reproductivamente integrado” (Rieseberg & Wendel 1993).

**JUSTICIA DISTRIBUTIVA:** Repartición o distribución justa de los bienes y recursos entre los miembros de una sociedad. Considera las preferencias, las habilidades y las posesiones de los individuos e implica la compensación de los sujetos más vulnerables y desvalidos de la comunidad por parte de aquéllos que se encuentran en una posición más ventajosa (Allingham 2015).

**METEORIZACIÓN:** Desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o en un lugar próximo a ella (Tarbuck & Lutgens 2005).

**MICROCLIMA:** Conjunto de parámetros meteorológicos que caracterizan un área localizada o entorno reducido y que difieren de los parámetros de la zona en que se encuentra dicho entorno. El microclima comprende distintos factores como la



temperatura de la superficie, la humedad relativa, la precipitación, la humedad relativa y la incidencia de luz solar, entre otros (Hogan 2012b).

**MUTUALISMO:** Interacción ecológica interespecífica en la que ambas especies se benefician (McGinley 2014).

**PERTURBACIÓN:** Modificación de un régimen de disturbios. Alteración de un sistema de eventos discretos de origen natural o antrópico que alteran la estructura y la dinámica las poblaciones y comunidades bióticas, cambian la disponibilidad de recursos y permiten la colonización de nuevos organismos o especies, entre otros («Disturbios naturales y humanos» 2015)

**PIT (*Passive Integrated Transponder*):** Tipo de marca permanente que consiste en un dispositivo electrónico pequeño que está inserto en una cápsula biológica inerte. Cada PIT cuenta con un código de identificación único que puede ser captado mediante un lector electrónico cuando el dispositivo se somete a un campo electromagnético (Mellor et al. 2004).

**SERVICIOS AMBIENTALES O ECOSISTÉMICOS:** Son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, o bien, los procesos mediante los cuales los ecosistemas producen los recursos que utilizan los seres humanos. Los servicios se clasifican en: servicios de soporte, de aprovisionamiento, de regulación y culturales. Los servicios de soporte son aquéllos que permiten la existencia de todos los demás servicios, y comprenden la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclaje de nutrientes, entre otros. Los servicios de aprovisionamiento son los productos que se obtienen de los ecosistemas como el alimento, los materiales de construcción, los combustibles, los medicamentos naturales, etc. Los servicios de regulación incluyen la regulación de la calidad del aire y del agua, del clima, de la erosión y de las enfermedades, entre otros. Los servicios culturales son aquéllos que contribuyen a la recreación, al enriquecimiento espiritual y a la inspiración artística de los seres humanos (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

**TÉLOS:** Propósito o fin propio de una entidad natural que resulta de su naturaleza, necesidades e intereses biológicos particulares (Rollin 1995; Rolston 2003).

**VIE (*Visible Implant Fluorescent Elastomer*) tag:** Tipo de marca permanente que se compone de dos elastómeros –polímeros viscoelásticos con fuerzas intermoleculares muy débiles- biocompatibles que se solidifican cuando se mezclan. Los VIE tags se inyectan vía subdérmica para la identificación de organismos con piel transparente (Mellor et al. 2004).