Un Enfoque en la Naturaleza

Sin un conocimiento acerca del carácter y ubicación de la biodiversidad que pretendemos proteger, los esfuerzos de conservación no tendrán éxito. Este libro está dedicado a quienes se empeñan en proteger la biodiversidad mediante la ciencia de la conservación.

Un Enfoque en la Naturaleza

Evaluaciones Ecológicas Rápidas

Roger Sayre

Ellen Roca

Gina Sedaghatkish

Bruce Young

Shirley Keel

Roberto Roca

Stuart Sheppard

Ilustraciones por Tamara R. Sayre

Traducido al español por Martha Martínez

The Nature Conservancy

Publicado originalmente como *Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment*

Derechos de autor © 2000 The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, USA.

Todos los derechos reservados bajo las Convenciones de Derechos de Autor Internacional y Pan-Americana. Ninguna parte de *Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment* puede reproducirse en forma alguna o por medio alguno sin el permiso por escrito del editor: Island Press, 1718 Connecticut Avenue, N.W., Suite 300, Washington, DC 20009.

Un enfoque en la naturaleza: Evaluaciones ecológicas rápidas

Derechos de autor de la traducción © 2002 The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, USA.

Todos los derechos reservados bajo las Convenciones de Derechos de Autor Internacional y Pan-Americana. Ninguna parte de *Un enfoque en la naturaleza: Evaluaciones ecológicas rápidas* puede reproducirse en forma alguna o por medio alguno sin el permiso por escrito de The Nature Conservancy, Publicaciones para la capacitación, 4245 North Fairfax Drive, Arlington, VA 22203, USA. Fax: 703-841-4880; email: publications@tnc.org

I.S.B.N.: 1-886765-13-8

Indice

Lista de tablas, figuras, cuadros y mapas a color xii

Prefacio xvii

Reconocimientos xix

Resumen: La Evaluación Ecológica Rápida diez años después 1
Roger Sayre

EER: Desarrollo temprano y evolución 3
El manual de EER original 3
La necesidad de un manual nuevo 4
Experiencia hasta hoy 7
Otras metodologías 9

Parámetros de definición 11
Objetivos 11
Terrestre versus Marino 12
Socios institucionales 12

Cómo pueden usarse las EER 13
Planificación regional para la conservación 13
Planificación a nivel de sitio 13
Conservación basada en comunidades 13
Ciencia aplicada 15

Cómo medir el éxito 15

Organización del Manual 15

PARTE I. EL PROCESO Y PLANIFICACIÓN DE LA EER 19

Capítulo 1. El proceso y esquema de muestreo de la EER 21
Roger Sayre

El proceso 21
Desarrollo conceptual 22
Planificación inicial 22
Caracterización inicial del terreno 22
Talleres de planificación y capacitación 22
Implementación del trabajo de campo 23
Generación de informes por disciplina 23
Integración y síntesis de la información 23
Informe final, publicación y difusión 24

El esquema de muestreo 24
Clasificación de la vegetación 24
Tipos de vegetación 24
Clasificación basada en imágenes 26
Conciliación de los sistemas de clasificación 27

El método de muestreo de campo 27
Selección de localidades de muestreo 28
La distribución de tipos de vegetación y fauna 28
Intensidad del muestreo 28
El plan de muestreo 29

Capítulo 2. Planificación cuidadosa: una clave para el éxito 33
Roger Sayre y Ellen Roca

Cómo evaluar la necesidad de realizar una EER 33

Formulación de objetivos 34
Determinación del alcance 35

Temas de organización 35
Solicitud de Fondos 35
Integración del equipo 36
Acuerdos en la EER 36

Liderazgo y comunicación 36
Roles de liderazgo 36
Canales de comunicación 37

Costos y tiempo 37
Costos 37
La duración de una EER 38

Talleres 38
El taller de planificación 39
El taller de capacitación 43

Inicio del trabajo de campo 43
Planificando la seguridad 44
Manteniendo el enfoque 44
Administración posterior al trabajo de campo 44

PARTE II. EN EL LABORATORIO: HERRAMIENTAS Y MÉTODOS CARTOGRÁFICOS 45

Capítulo 3. Tecnologías cartográficas: Nuevas herramientas para la conservación 47
Roger Sayre

Tecnologías espaciales 47
Análisis de información espacial 48

Conceptos geográficos básicos 48
Geometría de la tierra y proyecciones cartográficas 48
Sistemas de coordenadas 49
Datums 50
Escala 50
Precisión 51
Unidad mínima de mapeo 51

Los sistemas de información geográfica 51
Organización de datos en un SIG 51
SIG como un sistema de manejo de datos 52
SIG raster y vector 52
Elección del software para SIG 53
Escala en un SIG 53
Topología 54

Sensores Remotos 54
Reflectancia espectral 54
Imágenes de satélite 55

Procesamiento de imágenes de satélite 55
Consideraciones sobre hardware y software para el procesamiento de imágenes 55
Adquisición de imágenes 56
Elaboración de mosaicos de imágenes 56
Rectificación de imágenes 56
Mejoramiento de imágenes 57
Impresión de imágenes 57
Clasificación manual de imágenes 57
Clasificación digital de imágenes 57
Clasificación manual versus digital de las imágenes 58
Captura digitalizada de los rasgos delineados 58

Fotografía aérea 58
Fotointerpretación 58
Videografía 59
Fotografía digital 59

Sistemas de posicionamiento global 60
Operación de un GPS 60
Fuentes de error en los GPS 60
Corrección diferencial 60

Conclusión 61

Capítulo 4. El proceso cartográfico de la EER 63
Roger Sayre y Stuart Sheppard

Elaboración de mapas en una EER 63
Planificación para la elaboración de mapas 64
El plan de trabajo para la elaboración de mapas 64
Determinación de escalas 64
Requisitos de los mapas 65

Construcción de la base de datos para el SIG 65
La bitácora del proyecto 66

Análisis de imágenes 66
Adquisición de imágenes 66
Rectificación de imágenes 67
Interpretación de imágenes 68

Implementación de la caracterización inicial del terreno 68
Delineación y etiquetado de rasgos 68

Desarrollo del plan de muestreo 69
Muestreo de vegetación 70
Muestreo de fauna 70

El sobrevuelo 70
Planificación del sobrevuelo 71
Recolección de datos 72

Geolocalización en el campo con GPS 72
Investigación de campo con GPS 73
Identificación y verificación de tipos de vegetación 73
Clasificación posterior al trabajo de campo 74

Elaboración de mapas 74
Otros mapas temáticos 74
Mapas de especies de importancia para la conservación 74
Mapas de amenazas 75
Zonificación 75

PARTE III. EN EL CAMPO: INVENTARIOS Y EVALUACIONES DE AMENAZAS 77

Capítulo 5. Estudios de vegetación y especies de plantas 79
Shirley Keel, Roger Sayre y Gina Sedaghatkish

El equipo de vegetación y flora 79
Obtención preliminar de información 80
Caracterización inicial del terreno—El papel de los especialistas en vegetación 81
Selección del sistema de clasificación 81

Trabajo de campo sobre vegetación 82
Intensidad del muestreo y determinación de regiones de muestreo prioritarias 82
Técnicas de muestreo, formularios de campo y material 83
Verificación de tipos de vegetación 84

Estimación de la diversidad de plantas 84
Método Dallmeier 84
Método Gentry 85
Inventario de especies individuales 85

Clasificación de la vegetación 86
Subjetividad en la clasificación de la vegetación 86
Nombres estándar de tipos de vegetación 86

Resumen de los datos sobre vegetación 87
Compilación de datos y presentación de resultados 87
Especies de importancia para la conservación 88
Análisis de amenazas 89
Recomendaciones de manejo 89

Conclusión 89

Capítulo 6. Estudios de fauna 93
Bruce Young, Gina Sedaghatkish y Roberto Roca

Cómo decidir qué fauna debe estudiarse 95
Objetos de conservación 97
Identificación de objetos de conservación 98
Formación y organización del equipo 99

Métodos para el estudio de fauna 102
Consideraciones sobre el diseño de un estudio de fauna 104
Estándares taxonómicos 105
Manejo de datos 105
Material y permisos 106
Revisión de la literatura 106
Capacitación 107
Plan de trabajo y plan de muestreo 107
Logística de campo 109

Una nota acerca de la seguridad *109*
En el campo *109*
Colecciones *109*

Compilación de datos e interpretación de resultados 110
Resúmenes de datos *111*
Curvas de acumulación de especies *111*
Elaboración de mapas de resultados del estudio de fauna *112*
Recomendaciones de manejo *113*

Conclusión 114

Capítulo 7. Evaluación de amenazas 119
Ellen Roca

Presiones y su origen 120

Métodos para evaluar amenazas 121
La evaluación de amenazas en la EER *121*
Diagrama de amenazas *122*

Estrategias para reducir las amenazas 123

PARTE IV. MANEJO E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME 125

CAPÍTULO 8. Manejo e integración de la información 127
Ellen Roca

Consideración de las escalas en el manejo de datos 127
Formularios para datos de campo *128*
Transcripción de información de los formularios de campo *128*

Sistemas de manejo de bases de datos 128
Estructura de la base de datos *129*

Integración de la información 129
El taller de integración *130*
Recopilación de los conjuntos de datos *130*
Métodos analíticos *130*

Un esquema para la evaluación de la conservación 131
Otras perspectivas de manejo *133*
Establecimiento de áreas prioritarias *133*
Elaboración de recomendaciones *133*

Capítulo 9. Creación y publicación del informe de la EER 135
Gina Sedaghatkish

Cómo planear la redacción del informe 135
Público lector 136

Componentes clave del documento de la EER 138

Revisión editorial 139

Publicación 139
Temas clave acerca de la publicación 139

Conclusión 140

PARTE V. EL FUTURO DE LA EER 143

Capítulo 10. El futuro de la EER 145
Roger Sayre

Dimensiones de la escala 145

Dimensiones de la tecnología 145

Mapas de amenazas 146

Conservación basada en comunidades 146

Conclusión 146

Apéndice 1. Una EER como estudio de caso: Parque Nacional del Este, República Dominicana, 1994 149

Apéndice 2. Formularios para datos de campo 155

Formulario 1: Descripción de la región de muestreo
Formulario 2: Localidad de muestreo - Comunidad vegetal
Formulario 3: Localidad de muestreo - Inventario de plantas
Formulario 4: Localidad de muestreo - Inventario de animales
Formulario 5: Muestreo de parcelas
Formulario 6: Observaciones casuales - Plantas
Formulario 7: Observaciones casuales - Animales
Formulario 8: Plantas especiales observadas
Formulario 9: Animales especiales observados

Apéndice 3. Ejemplo del alcance del trabajo para una EER 171

Apéndice 4. Ejemplo de mapas a color 177

Acerca de los autores 195

Lista de tablas, figuras, cuadros y mapas a color

Tablas

Tabla 1. Localizaciones de las EER e instituciones colaboradoras principales. 8

Tabla 2. Tipos y frecuencia de los beneficios para la conservación obtenidos de las EER. 16

Tabla 1-1. Muestra de un plan modificado proveniente de una EER en el Parque Nacional Defensores del Chaco de Paraguay. 30

Tabla 3-1. Unidades cartográficas mínimas (MMU) sugeridas para diferentes escalas de trabajo. 51

Tabla 3-2. Diferencias en la resolución espacial y espectral de los datos típicos provenientes de imágenes de satélite usados en las EER. 54

Tabla 5-1. Componentes principales de los estudios de vegetación en una EER. 80

Tabla 5-2. El equipo de vegetación y flora y las cualidades y responsabilidades de sus miembros. 81

Tabla 5-3. Número de especies de plantas de interés para la conservación por tipo de vegetación registradas durante una EER de la Zona del Canal de Panamá (ANCON y The Nature Conservancy, 1996). 88

Tabla 5-4. Especies de plantas elegidas como objetos de conservación y las comunidades vegetales en las cuales fueron encontradas durante una EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba. 88

Tabla 5-5. Tipos de vegetación elegidos como objetos de conservación en la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba. 88

Tabla 6-1. Listas de especies globalmente amenazadas y en peligro. 98

Tabla 6-2. Métodos de estudio para vertebrados. 100

Tabla 6-3. Horario de trabajo de campo para el muestreo de fauna en la EER de Defensores del Chaco. 108

Tabla 6-4. Diversidad taxonómica por tipo de vegetación en una EER realizada en el Parque Nacional del Este, República Dominicana. 111

Tabla 6-5. Lista de objetos de conservación localizados en un bosque alto subcaducifolio durante la EER realizada en Semaphore Hill en la Cuenca del Canal de Panamá. 112

Tabla 7-1. La matriz de amenazas de la EER. 121

Tabla 7-2: Un análisis de la matriz de amenazas proveniente de una EER en el Parque Nacional del Este, República Dominicana. 122

Figuras

Figura 1. El manual original en español de la EER, publicado en 1992. 4

Figura 2. El paradigma del filtro-grueso/filtro-fino de la EER. 6

Figura 3. Dimensiones de la escala, fuentes de datos, metodologías de muestreo y productos del proceso de la EER. 7

Figura 4. Localizaciones de varias EER en América Latina y el Caribe. 10

Figura 5. El método de Planificación para la Conservación de Sitios. 14

Figura 1-1. Un mapa de polígonos desconocidos proveniente de un análisis de la caracterización inicial del terreno. 26

Figura 3-1. Representación de localidades en la Tierra usando coordenadas geográficas y planas. 49

Figura 3-2. Representación de rasgos en la Tierra con relación a la escala. 50

Figura 3-3. Las capas temáticas múltiples de un SIG. 52

Figura 3-4. Los métodos raster y vector del SIG para representar rasgos del terreno. 53

Figura 7-1. Fuentes y presiones y su relación. 120

Figura 7-2. Jerarquías de la relación fuente-presión. 120

Figura 7-3. Un diagrama de amenazas ilustrando las presiones que afectan a una especie de salamandra y las fuentes de tales presiones. 123

Cuadros

Cuadro 1. ¿Qué es una Evaluación Ecológica Rápida? 2

Cuadro 2. La primera EER: Mbaracayú, Paraguay. 5

Cuadro 1-1. Clasificación (parcial) de la vegetación de una EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba. 25

Cuadro 2-1. Ejemplo de un plan de trabajo para una EER. 40

Cuadro 5-1. Descripciones ejemplo de los tipos de vegetación estudiados en la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba. 87

Cuadro 6-1. Intensidad del muestreo en dos EER. 102

Cuadro 6-2. Estimaciones de diversidad de los taxa muestreados 103

Cuadro 9-1. Borrador de la tabla de contenido del informe sobre la fauna desarrollado durante el taller de planificación de una EER que se estaba llevando a cabo durante la redacción de este manual en la región del Chaco en Paraguay. 136

Cuadro 9-2. Formato general de una plantilla para desarrollar el índice del contenido para el informe de la EER. 137

Mapas

Mapa 1. Imagen de satélite en color natural del Parque Nacional del Este, República Dominicana. 178

Mapa 2. Imagen de satélite en infrarrojo del Parque Nacional del Este, República Dominicana. 179

Mapa 3. Resultados de la caracterización inicial del terreno proveniente de la interpretación de imágenes. 180

Mapa 4. Misión de toma de fotografías aéreas. 181

Mapa 5. Fotografía aérea en infrarrojo, Parque Nacional del Este, República Dominicana. 182

Mapa 6. Resultados de la caracterización inicial del terreno proveniente de la interpretación de imágenes. 183

Mapa 7. Capas de SIG estándar para datos ambientales utilizadas en la EER del Parque Nacional del Este. 184

Mapa 8. Estratificación del área y selección de las localidades de muestreo. 185

Mapa 9. Mapa final de comunidades vegetales después de la verificación de campo. 186

Mapa 10. Especies de animales en peligro. 187

Mapa 11. Mayores amenazas a la biodiversidad del parque y las áreas en donde tales amenazas son más pronunciadas. 188

Mapa 12. Esquema de zonificación propuesto para el manejo del parque orientado a la conservación. 189

Mapa 13. Mapa de la fuente de datos de imagen y mapa final de comunidades vegetales de una EER en tierras de la Champion International Corporation en el estado Amapá, Brasil. 190

Mapa 14. Mapas que caracterizan la Reserva Natural Bladen, Belice. Se usaron imágenes SPOT multiespectrales como fuentes de datos para esta EER 191

Mapa 15. EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba: agregaciones de hábitats para las aves. 192

Mapa 16. Imágenes Landsat interpretadas durante una EER de la isla completa de Jamaica para desarrollar un mapa de comunidades vegetales a escala nacional. 193

Mapa 17. Priorización EER de la isla completa de Jamaica. 194

Prefacio

Los conservacionistas y biólogos dedicados a la conservación a veces se sienten atrapados. Están presos entre la incertidumbre del conocimiento relativamente superficial acerca de la diversidad biológica y el imperativo de avanzar la conservación rápidamente para enfrentar un conjunto poderoso de fuerzas destructivas. Esta situación presenta el desafío de conservar aquello de lo cual no se tiene conocimiento.

Aunque este problema se presenta en cualquier parte del mundo—aún donde la biota se conoce relativamente bien, si bien no todas sus dinámicas se comprenden—es de extrema importancia en países en vías de desarrollo. Ahí, donde el conocimiento científico y la capacidad científica varían dramáticamente y donde en algunos casos las instituciones científicas son débiles y el conocimiento científico relevante se atesora en las mentes e instituciones de las naciones industrializadas, el desafío para la conservación es enorme. Con frecuencia, tales países son un mantel de retazos de problemas ambientales tanto del mundo desarrollado como en desarrollo.

Fue de este crisol de ignorancia y urgencia de conservación que nació la Evaluación Ecológica Rápida (EER). La EER es un término reconfortante que implica que de hecho existe algo constructivo por hacerse para mejorar el conocimiento científico de las prioridades de conservación y para facilitar iniciativas de conservación efectivas. Sin embargo, para la mayoría de profesionales de la conservación y ramas científicas relacionadas, la EER sigue siendo algo misterioso, más un término que cualquier otra cosa. Roger Sayre y sus coautores han hecho un favor a la profesión y a la sociedad en general brindando acceso a lo que hoy es una actividad bastante sofisticada.

Hasta hoy se han acumulado las experiencias de una década de EER, comenzando con el primer esfuerzo en las selvas tropicales de Mbaracayú, Paraguay, en 1988. En uno de los esfuerzos más recientes, que incluyó una gran porción del estado brasileño de Amapá, se trabajó en el *cerrado* y en una variedad de otros hábitats. Yo estuve cercanamente asociado con éste último, fungiendo como miembro de un comité de asesoramiento general para el proyecto, el cual fue solicitado por *Champion Paper*. La evaluación se efectuó con rapidez, con un nivel de detalle alentador y una base científica sólida. El resultado fue un producto de alta calidad que todos los interesados podrían usar para tomar decisiones o hacer recomendaciones con completa confianza.

La excelencia de ese producto en particular y, de hecho, de todas las EER, se debe en gran parte a la asociación de instituciones científicas y científicos relevantes para el estudio. En la EER del Amapá el socio mayor fue el Museu Paraense Emilio Goeldi en Belén, que es la institución científica más antigua del Amazonas (1865) y que fue el lugar donde se depositaron la mayoría de los especímenes científicos colectados durante la EER. El científico principal del Museo, Fernando Novaes, solía contarme relatos acerca de sus expediciones a Amapá durante los momentos de calma en nuestro trabajo de campo en las afueras de Belén a finales de los años 1960s. Usando como base la herencia intelectual de Novaes, David Oren, otro científico del Goeldi, guió el trabajo de campo necesario para actualizar y llenar algunos de los vacíos. La recompensa para tales instituciones y científicos es la acción para la conservación, la cual garantiza regiones de estudio seguras a perpetuidad.

Este particular enfoque, no es, por supuesto, la única manera de confrontar el desafío. Los autores han sido cuidadosos al citar otros enfoques obvios. El valor de este volumen consiste en que el proceso completo se describe en todo detalle, permitiendo a cualquiera llevar a cabo una evaluación y permitiendo al proceso evolucionar y mejorar. Debemos todos agradecer a Roger Sayre y sus coautores por tomar un enfoque tan abierto y esmerado. La recompensa para todos será más y mejor conservación.

—Dr. Thomas Lovejoy

Reconocimientos

Muchas personas contribuyeron al desarrollo y revisión de este documento. Aunque los autores del trabajo son científicos de la División para América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy, la información contenida aquí representa las experiencias acumuladas por un grupo de colegas mucho más grande, tanto dentro como fuera de The Nature Conservancy. Las personas que han trabajado en Evaluaciones Ecológicas Rápidas (EER) durante los últimos diez años se cuentan en cientos y reconocer a cada uno de ellos por su nombre probaría ser extremadamente difícil. Sus contribuciones al desarrollo de la metodología de la EER y el perfeccionamiento del proceso EER se reconocen con agradecimiento.

Robert Livernash proporcionó valiosa asistencia editorial durante la compilación de este trabajo. Nicole Panagopoulos coordinó la revisión, finalización y proceso de entrega del documento; Karin Wall trabajó en una versión anterior. Thea Jaster y Lisa Vonder Haar ayudaron con los formularios de campo y otros materiales. Eva Vilarrubí alentó y brindó muy valiosa asistencia en los aspectos de la publicación de este proyecto.

Por sus esfuerzos pioneros en la metodología de la EER, reconocemos las contribuciones de Claudia Sobrevila, Robert Jenkins, Paquita Bath, Bruce Stein, Dennis Grossman, Kathleen Sullivan, Douglas Muchoney, Susan Iremonger, Andrea Cristofani y otros “veteranos” de la EER. Sus experiencias con la EER son tan ricas y variadas como la diversidad biológica que buscaron caracterizar. Andrea Cristofani, en particular, ejemplificó e inspiró energía positiva, arduo trabajo y entusiasmo contagioso durante muchas EER. Dos de los autores de este libro, Shirely Keel y Roberto Roca, participaron también en las EER desde su inicio, contribuyendo significativamente al desarrollo de los componentes de flora y fauna, respectivamente. Otros miembros del personal de The Nature Conservancy, actualmente y en el pasado, merecen una mención especial por su asistencia directa y actitud de ayuda: Claire Teixeira, Douglas Baker, Xiaojun Li, Connie Campbell, Michelle Libby, Timothy Boucher, Xavier Silva, Luis Corrales, Jane Mansour y Marcelo Guevara.

Por la revisión de partes de este manual agradecemos a Timothy Fahey, Eric Fajer, Tom Lovejoy, Kent Redford, Deborah Jensen, Brad Northrup, Robb Wright, Howard Daniel, John Tschirky, Kelvin Guerrero, Alberto Yanotsky y Timothy Tear. Sus perspectivas fueron diversas y sus comentarios útiles. Por su liderazgo local, su provechosa colaboración y sus amistades duraderas que se materializaron en forma de muchas EER, agradecemos a Celeste Acevedo, Wilfrido Sosa, Raúl Gauto, Marcia Aparecida de Brito, Jorge Chávez, Pedro Vásquez, Nélida Rivarola, Dilia Santamaría, Iván Valdespino, Jonathan Littau, Nella Stewart, Peter Reeson, Enrique Coronado, Claudio Méndez, Olga Valdez, César Castanheda, María José Durán, Fernando Salazar, Miguel Scarcello, Osmany Salas, Fernando Fernández, Felipe Campos, Ronald León, Tirso Maldonado, Kelvin Guerrero, José Miguel Martínez, Francisco Núñez, Angela Guerrero, David Oren y Ricardo Soto. Pedimos a los líderes de equipos de las EER que extiendan nuestra gratitud a todos los miembros de sus equipos.

Por su contribución con ideas y materiales escritos y gráficos que ayudaron a la elaboración de este trabajo, reconocemos a Douglas Baker, Pedro Vásquez, Susan Iremonger, Luis Corrales, Douglas Muchoney, Connie Campbell, Timothy Boucher y Michelle Libby.

Robb Wright, Marcelo Guevara, Luis Barbosa y Kevin Skerl proporcionaron mapas de alta calidad para distintas EER en las cuales ellos trabajaron y siempre han apoyado los esfuerzos para la elaboración de mapas durante las EER. Por su dedicación al avance de la dimensión cartográfica de las EER, agradecemos también a Santiago Hernández, Luis Tolentino, Tomás Montilla, Hannelore y Helmut Bendsen, Pedro Vásquez, Emilia Moreno, César Luis Paniagua, Luis Barbosa, David Grigg, Delia Tillet y otros cartógrafos de las EER. Agradecemos a ESRI y ERDAS por crear, apoyar y con frecuencia donar las mejores tecnologías de información espacial para la elaboración de mapas con fines de conservación y por desarrollar dichas tecnologías a través de los años como respuesta a los requerimientos de los usuarios. Todos los mapas en este libro se produjeron utilizando tecnologías Arc®.

Damos nuestro agradecimiento a muchos guías, asistentes de campamento y comunidades locales que brindaron su bienvenida a los equipos de EER en sus tierras. Su habilidad para localizar la biodiversidad, para usar machetes y cocinar es insuperable. Agradecemos también a los pilotos de helicópteros y avionetas que han volado las misiones de sobrevuelo para las EER, permitiéndonos y ayudándonos a equipar sus vehículos de vuelo con sistemas de posicionamiento global (GPS).

Agradecemos especialmente la asistencia financiera para implementar las EER terrestres que hemos recibido de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), Programa de Apoyo a la Biodiversidad (BSP), Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), Departamento Naval de los Estados Unidos, Champion Forest Products International, EOSAT, Banco Interamericano del Desarrollo (BID), John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, Moriah Foundation, Munson Foundation, Fundación Moisés Bertoni, Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (FPCN), Jamaica Agricultural Development Foundation, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y muchos gobiernos nacionales y Centros de Datos para la Conservación. Apoyo parcial para la preparación de este manuscrito fue proporcionado por la Oficina LAC/RSD/EHR, Buró para América Latina y el Caribe, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, bajo los términos del Otorgamiento No. LAG-0782-A-00-5026-00. Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos.

Resumen

La Evaluación Ecológica Rápida diez años después

Roger Sayre

La Tierra alberga una variedad extraordinaria de seres vivientes, plantas, animales, insectos y más, totalizando tal vez 10 millones de especies. Esta diversidad biológica varía desde magnífica hasta microscópica—desde los bosques de enormes árboles de Sequoia, ballenas y elefantes, hasta las bacterias y virus. La mayor parte de las especies no han sido descritas científicamente.

Muchas de estas especies están en peligro de extinción, en gran parte debido al crecimiento de las poblaciones humanas y a la rápida expansión de sus actividades. Las causas principales incluyen la conversión de bosques y praderas para otros usos, la fragmentación de hábitats, la expansión urbana, la introducción de especies no nativas, la sobreexplotación de especies comerciales y la inadecuada imposición de estatutos ambientales.

Los índices actuales de extinción se calculan en un rango de diez mil veces más altos que en cualquier tiempo pasado de la historia del planeta. Cada pérdida es irrecuperable; una especie extinta no puede restaurarse. Es seguro que, en su conjunto, estas pérdidas están debilitando la infraestructura natural de la Tierra y presentando nuevas amenazas a las especies que permanecen.

El valor económico de la herencia natural de la Tierra se está reconociendo más y más. Por ejemplo, estudios recientes sugieren que el vasto conjunto de servicios que las especies vivas y el mundo natural brindan polinización de las plantas, limpieza del agua y el aire, control de inundaciones y pestes, ciclo de nutrientes, tienen un valor de miles de millones de dólares anuales. Si estos servicios proporcionados por tales especies se perdieran, sería imposible (o al menos inalcanzablemente costoso) replicarlos a través de otros medios.

Durante las últimas décadas pasadas la preocupación acerca de la pérdida de la biodiversidad ha originado muchas respuestas positivas. La comunidad internacional ha designado en estado de protección aproximadamente un 8 por ciento del área terrestre mundial, ha adoptado leyes nacionales e internacionales para proteger a especies amenazadas o en peligro de extinción y ha accedido a la creación de la Convención sobre la Diversidad Biológica. No obstante, mientras que parte de la biodiversidad del planeta se “captura” en áreas protegidas, la mayor porción queda fuera y sujeta a amenazas sustanciales por los humanos. La falta de un programa activo de manejo para la conservación en muchas áreas protegidas es con frecuencia la causa de amenazas a

la biodiversidad en los parques, particularmente en países en desarrollo. Es claro que queda mucho por hacerse en el área de la protección de la biodiversidad.

A medida que la conciencia aumenta, muchas naciones han expresado interés en proteger su patrimonio natural. Pero la información completa y confiable acerca de los recursos naturales raramente ha estado disponible, especialmente en los países en desarrollo. Antes de que cualquier gobierno, comunidad o institución ambientalista pueda actuar para salvar los recursos vivientes de cierta región, debe primero descubrir cuáles son los recursos que ahí se localizan.

De manera ideal, tales evaluaciones deben ser exhaustivas y detalladas. Sin embargo, dada la urgencia de la situación y los limitados recursos financieros disponibles, algo que fuera menos ideal—pero científicamente viable—se necesitaba con desesperación.

Hasta hoy, la respuesta principal a este problema ha sido la Evaluación Ecológica Rápida (EER), una metodología para el estudio de la diversidad biológica desarrollada por The Nature Conservancy durante los últimos diez años. Las EER combaten la falta de información disponible acerca de la biodiversidad mediante la producción de información preliminar, integral y espacialmente explícita sobre distribuciones de especies y tipos de vegetación. La EER se define en el cuadro 1.

Una Evaluación Ecológica Rápida (EER) de una zona o región terrestre es un estudio flexible, acelerado y enfocado de los tipos de vegetación y especies. Las EER utilizan una combinación de imágenes de sensores remotos, sobrevuelos de reconocimiento, obtención de datos de campo y visualización de información espacial para generar información de utilidad para la planificación de conservación a escalas múltiples.

Las EER son implementadas por equipos de científicos conservacionistas y administradores de recursos organizados en grupos por disciplina y especialización funcional. Las EER dan como resultado una caracterización, con mapas y documentación, de unidades de terreno clasificadas y una descripción de la biodiversidad a nivel de especie dentro de dichas unidades. Producen datos biofísicos básicos, mapas, documentos, recomendaciones y un creciente fortalecimiento institucional para un efectivo trabajo de conservación. Los datos de la EER pueden producirse y analizarse a diferentes escalas espaciales, dependiendo de las metas de conservación.

La EER es una útil herramienta de planificación para la conservación, y como tal, las EER se implementan cada vez más para la rápida caracterización de la biodiversidad de una zona. Las EER son de particular aplicabilidad en la caracterización eficiente de la biodiversidad a nivel de terreno y de especie de grandes áreas sobre las cuales se sabe relativamente poco.

La EER es un concepto variante que ha sido descrito como un enfoque, una metodología, una herramienta, una estrategia, un proceso, un programa, una evaluación para la conservación y una variedad de otras descripciones. Una EER es, de hecho, todo lo anterior y nos referimos a las EER dentro de estos distintos contextos a lo largo de este libro. Sin embargo, por lo general nos referiremos a las EER como una metodología.

Por último, es importante tener en mente que hay muchos tipos de análisis que no deben confundirse con una EER. Por ejemplo, una EER no es una investigación exhaustiva de los recursos biológicos de una zona determinada; un programa de monitoreo de la biodiversidad; una evaluación estadística rigurosa de relaciones ecológicas; una evaluación de impacto ambiental; un plan de manejo; una investigación básica para comprender los procesos ecológicos; una evaluación rural rápida o cualquier otro instrumento de sondeo socioeconómico (aunque los análisis del contexto humano con frecuencia son conducidos en forma paralela a las EER); un análisis para detectar cambios de los rasgos del terreno; un modelo predictivo o descriptivo para explicar la distribución de la biodiversidad; o una evaluación de representatividad para diseñar redes de áreas que colectivamente preservarán la biodiversidad representativa de una región.

Cuadro 1. ¿Qué es una Evaluación Ecológica Rápida?

¿Cuáles son las características clave de una EER? En breve, el proceso EER resalta lo siguiente:

- *Rapidez*. Desde la panificación inicial hasta la publicación final del informe, una EER normalmente toma cerca de un año. Completar una EER con rapidez ayuda tanto a reducir costos como a producir información útil antes de que el área de estudio se altere.
- Planificación y capacitación cuidadosas. Planificar con cuidado desde el principio ahorra tiempo y dinero; la capacitación inicial asegura la consistencia del enfoque.
- *Evaluaciones a nivel de terreno y especies*. Las EER caracterizan la biodiversidad en dos niveles de organización, el nivel de terreno (filtro grueso) y el nivel de especie (filtro fino).
- *Nuevas tecnologías para producir mapas*. Nuevas tecnologías espaciales—tales como los sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos (RS) y sistemas de posicionamiento global (GPS), combinadas con computadoras personales cada vez más potentes y software cada vez más innovativo, para la creación de extraordinarias herramientas cartográficas para la conservación.
- *Documentación científica cuidadosa*. Los métodos de clasificación, muestreo e inventario se han desarrollado y refinado para ayudar en la ejecución de evaluaciones de la biodiversidad en un corto periodo de tiempo.
- *Formación de capacidad institucional y redes de socios*. El fomento de relaciones de cooperación entre socios conservacionistas mejora la capacidad local y aumenta la probabilidad de que subsecuentes decisiones tengan el apoyo local.

Desde su desarrollo en los años 1980s, las EER han pasado a través de un considerable proceso evolutivo en un periodo relativamente corto. En la siguiente sección revisaremos la historia de las EER.

EER: Desarrollo temprano y evolución

La metodología de la EER, tanto en su concepción inicial como actual, es una caracterización rápida de tipos de vegetación y su flora y fauna asociadas. Esta información se utiliza para dirigir los esfuerzos de planificación para la conservación en regiones específicas y para contribuir a los inventarios nacionales de la biodiversidad. Se pretendía que las EER fueran adecuadas y eficientes para regiones extensas y relativamente desconocidas.

La primera EER a nivel de zona, la cual se llevó a cabo en 1988 en los bosques lluviosos de Mbaracayú, Paraguay (Centro de Datos para la Conservación de Paraguay, 1991) (cuadro 2), identificó los hábitats de mayor prioridad para ser conservados en la zona. Nueve de las diez y nueve comunidades naturales de plantas descritas en esta EER no se encontraban en ninguna otra área protegida de Paraguay. Se registraron veintiuna especies de plantas amenazadas a nivel nacional y se observaron 191 especies de aves, de las cuales 44 estaban amenazadas. Se adoptó un plan para implementar el establecimiento de zonas para manejo de conservación en la reserva con el fin de proteger esta diversidad biológica. Subsecuentemente, otras dos EER se implementaron en 1989 y 1990 en Brasil, una a nivel estatal (Mato Grosso; Aparecida de Brito et al., 1991a) y otra a nivel de zona (Rio Sepotuba; Aparecida de Brito et al., 1991b), que se identificó como área prioritaria de conservación durante la evaluación estatal. En seguida se llevó a cabo una EER a lo largo de toda la isla de Jamaica (Grossman et al., 1991) y ésta reveló áreas prioritarias de conservación a nivel nacional.

Esta metodología pronto se convirtió en una importante herramienta de conservación para los programas de América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy. Las primeras EER permitieron experimentar la flexibilidad y utilidad de la metodología y brindaron experiencia y lecciones aprendidas para el desarrollo de un manual de EER.

El manual de EER original

En 1991 The Nature Conservancy publicó el primer manual de EER (Sobrevila y Bath, 1992) (figura 1) en español, con la intención de distribuirlo entre socios conservacionistas y otras instituciones de ideología similar a la de The Nature Conservancy. Muchos de los socios conservacionistas en América Latina y el Caribe con-

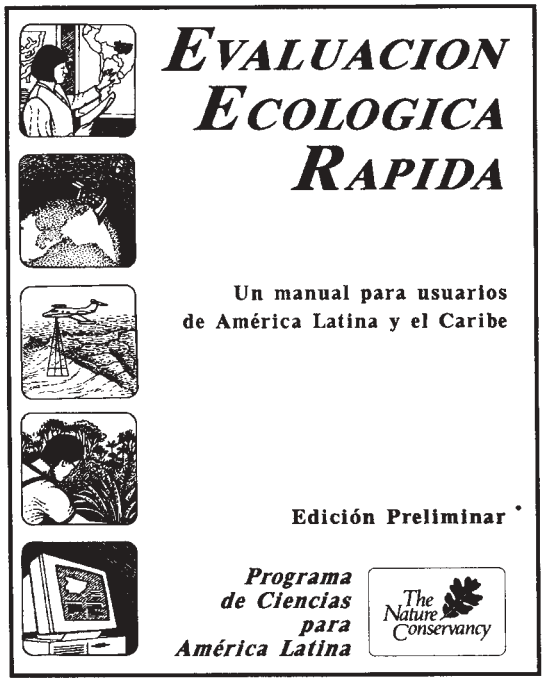


Figura 1. El manual original en español de la EER, publicado en 1992.

tribuyeron al desarrollo del manual. Desde entonces, muchas otras instituciones han empleado la metodología en sus iniciativas de conservación. El manual EER original en español tuvo una impresión y distribución limitadas y nunca se tradujo a otros idiomas, pero ha sido reconocido como una importante fuente de información para evaluaciones rápidas de la biodiversidad (UNEP, 1995; Jermy et al., 1995).

La necesidad de un manual nuevo

Aunque los conceptos presentados en el manual de EER original aún son válidos, las herramientas disponibles para efectuar una EER han cambiando tanto que es necesario un nuevo manual. El manual original describía una EER como un conjunto secuencial de pasos y actividades determinados, esencialmente enfocados en los aspectos metodológicos de la EER. Este manual, revisado y ampliado, describe refinamientos de la metodología y añade un énfasis nuevo en la planificación y administración de las EER. Además, proporciona mayores detalles acerca de los aspectos del procesamiento de información espacial de una EER.

Esperamos que la EER continuará evolucionando en el futuro y hemos desarrollado el nuevo manual con el fin de proporcionar una descripción del estado actual de la EER. Esperamos que siga reconociéndose el valor de la EER para generar información crítica para las acciones de conservación y que más y más se aprecien los beneficios que las EER brindan a la conservación.

Propósito y público a quien se dirige

Esperamos que este manual permita a los conservacionistas entender cómo y por qué se conduce una EER y que sirva de ayuda en la planificación y realización de una EER a cualquier institución interesada. Aunque son comunes los libros sobre la biodiversidad, muy pocos mencionan cómo ésta puede caracterizarse y cuantificarse de manera rápida para la toma de decisiones de conservación. Existe una gran y urgente necesidad de caracterizar la biodiversidad a nivel de zonas extensas y a nivel de especies, pero hay relativamente pocas referencias sobre cómo efectuar esta caracterización (Margules y Austin, 1991; Sobrevila y Bath, 1992; Margules y Redhead, 1995; Jermy et al., 1995; Institute of Environmental Assessment, 1995; y Spellerberg, 1992).

La Reserva Natural del Bosque Mbaracayú protege una de las más grandes extensiones, en propiedad privada, de bosque subtropical denso y húmedo de América del Sur. El ochenta y siete por ciento de esta reserva de 65,000 hectáreas localizada al este de Paraguay está cubierto por bosque subtropical, bosque tibio-templado, praderas naturales, ríos y humedales. La meta general de la EER era evaluar qué tan adecuada era esta zona para considerarse como reserva natural privada. Los objetivos específicos de la EER, como apoyo a esta meta, fueron los siguientes:

- Identificar las comunidades naturales y su estado de conservación.
- Identificar especies de plantas representativas para cada comunidad natural.
- Inventariar las especies de aves en el área de estudio.
- Comparar la diversidad de aves entre distintos puntos de muestreo.

La EER se concentró en la diversidad de comunidades vegetales y en especies de plantas y aves como indicadores de valor y significación para la conservación. El esfuerzo de muestreo de aves fue intenso para permitir hacer cálculos y comparaciones de diversidad de aves entre distintos puntos de muestreo. Los ornitólogos incrementaron los datos de transectos con información proveniente de gente de la localidad y de publicaciones.

Resultados importantes

La EER dio como resultado la caracterización y clasificación de diez y nueve comunidades naturales, nueve de las cuales no se localizan en ninguna otra área protegida de Paraguay.

Los biólogos de campo determinaron que todas, excepto una comunidad vegetal, eran intactas y de importancia ecológica. Los botánicos localizaron veintiuna especies de plantas amenazadas, incluyendo cedro (*Cedrela fissilis*) y helechos arbóreos (*Alsophyla atrovirens*). Los ornitólogos registraron la presencia de 191 especies de aves, 44 de las cuales están amenazadas, incluyendo crácidos raros, y las especies *Laterallus xenopterus* y *Dryocopus galeatus*, este último un pájaro carpintero en peligro de extinción.

Esta EER contribuyó significativamente a la subsecuente zonificación de la reserva mediante el abastecimiento del tipo de datos básicos y críticos que se requieren para desarrollar planes de manejo apoyados científicamente. La EER también ayudó a dirigir investigaciones futuras, tales como la identificación de plantas medicinales.

Recomendaciones principales

- Zonificar la reserva propuesta para proteger adecuadamente las áreas de alta diversidad de aves, las vías hidrológicas y las comunidades vegetales de alta importancia ecológica e interés para la conservación.
- Trabajar en conjunto con los propietarios para controlar sedimentos que se precipitan en las mayores vías hidrológicas.
- Conducir más estudios sobre aves y otros grupos animales en ciertas regiones de muestreo.

Cuadro 2. La primera EER: Mbaracayú, Paraguay. Realizada en 1988 por la Fundación Moisés Bertoni y otros colaboradores, esta EER estableció una base acerca de la biodiversidad, determinó hábitats prioritarios y condujo a la zonificación del área protegida.

Este manual proporciona al lector un enfoque detallado para evaluar biodiversidad de una manera más rápida e integral que la permitida por estudios tradicionales. Es una referencia definitiva, que presenta tanto un modelo conceptual para la EER como lineamientos prácticos sobre cómo se planifica e implementa una EER. La publicación va dirigida principalmente a quienes practican la conservación y a científicos dedicados al estudio de la biodiversidad que desean comprender la metodología de la EER o participar en iniciativas de EER.

El libro es útil también para administradores conservacionistas, políticos y donantes de apoyo económico, porque explica conceptos y metodologías en un lenguaje no técnico. Aunque los ejemplos provienen de experiencias de The Nature Conservancy en América Latina y el Caribe, el enfoque tiene aplicación universal.

Tecnologías que evolucionan para metodologías que permanecen

La metodología de la EER ha evolucionado continuamente desde su concepción. Las mejoras y simplificaciones de las tecnologías cartográficas han contribuido al énfasis en la elaboración digital de mapas en las EER y las lecciones aprendidas mediante la realización de las EER han refinado su enfoque.

Es difícil describir las EER en términos generales y cada una de las EER hasta la fecha ha constituido un estudio sobre individualidad. Por ejemplo, una EER de los hábitats de sabana en el *cerrado* del estado brasileño de Amapá (Oren et al., 1998) se llevó a cabo en 1998, diez años después de la primera EER en Mbaracayú. En contraste con la EER pionera del Paraguay, en la cual todos los mapas se prepararon a mano después de haber completado el proyecto, la EER de Amapá fue un esfuerzo sofisticado, con mapas digitales, interpretación compleja de imágenes de radar, muestreo de campo localizado con GPS, navegación de sobrevuelo controlada con GPS y obtención de fotografías digitales de comunidades y especies. Estas tecnologías permitieron el uso de una fuente de datos alterna (el radar), aumentaron la calidad (exactitud espacial) de la información derivada y la habilidad de integrar, analizar y presentar la información de la EER, todo lo cual habría sido imposible o significativamente más costoso diez años atrás.

Desde la publicación del primer manual, el rápido desarrollo de tecnologías de información espacial (SIG, GPS y sensores remotos) ha revolucionado la metodología de las EER de la siguiente forma: (1) mejorando la habilidad para obtener y analizar imágenes e información de campo, (2) facilitando la integración de información proveniente de fuentes y escalas distintas y (3) generando productos útiles y visualmente atractivos.

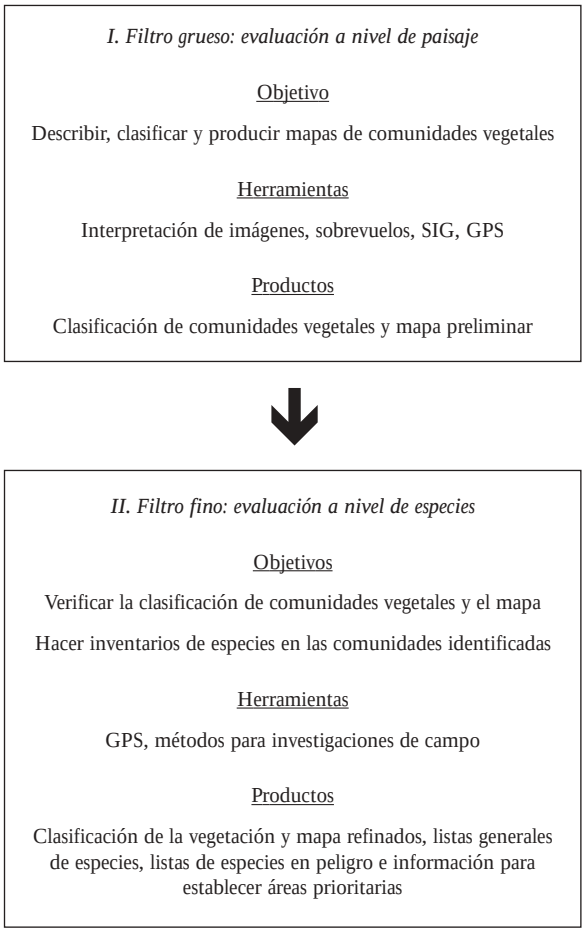


Figura 2. El paradigma del filtro-grueso/filtro-fino de la EER. Las EER caracterizan la biodiversidad tanto a nivel de grandes extensiones (filtro grueso) como a nivel de especies filtro fino) utilizando metodologías de evaluación de grano grueso (interpretación de imágenes de satélite, sobrevuelos) y de grano fino (muestreos de campo). Al final se integra la información de cada evaluación para desarrollar estrategias de conservación y recomendaciones de manejo.

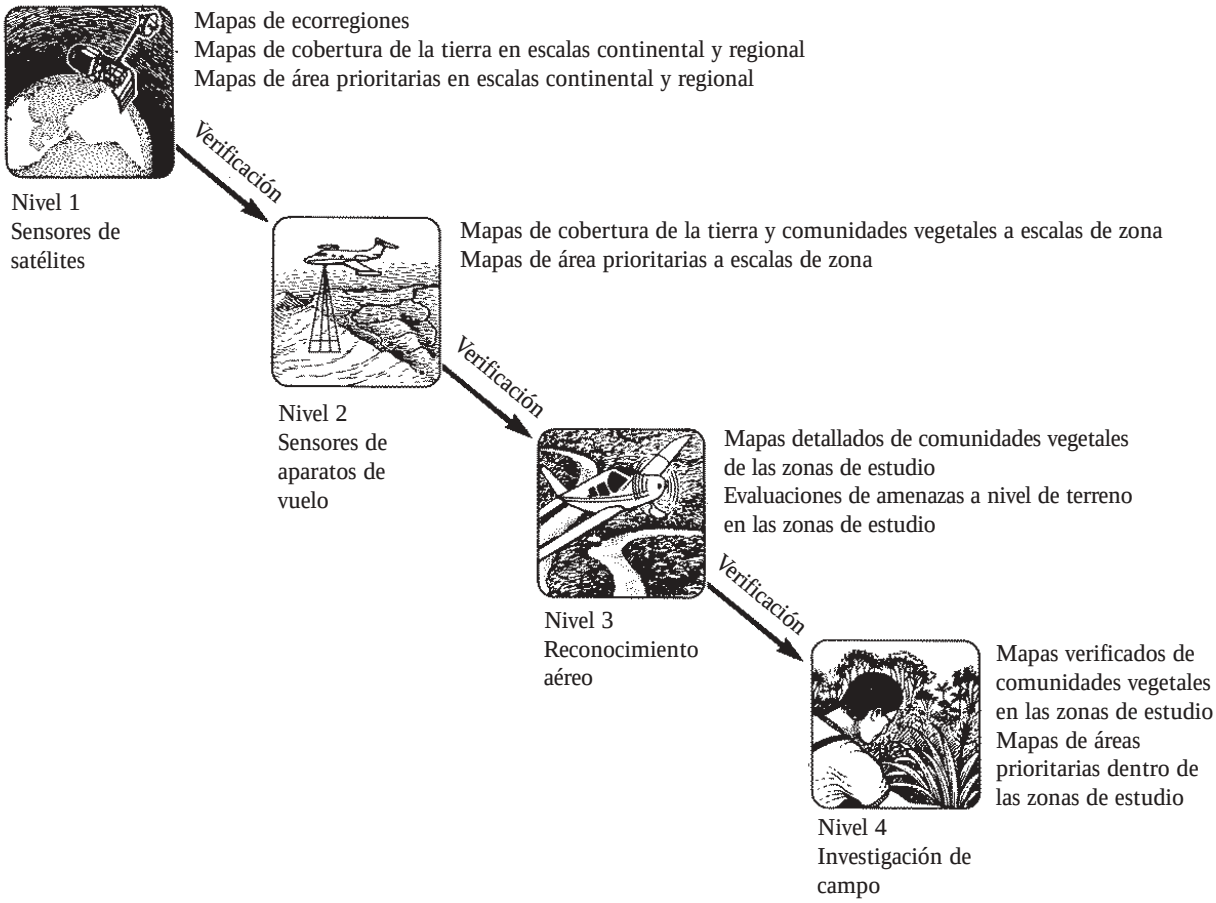


Figura 3. Dimensiones de la escala, fuentes de datos, metodologías de muestreo y productos del proceso de la EER. El enfoque y escala del proceso siempre va de lo general a lo específico. (Modificado de Sobrevila y Bath, 1992).

La metodología básica de la EER se ha mantenido esencialmente intacta. Las EER continúan enfocándose en la conservación a nivel de grandes extensiones de terreno, manteniendo un énfasis en el concepto de filtros gruesos y finos, es decir, que la conservación de áreas extensas (filtro grueso) dará como resultado la conservación de las especies (filtro fino) contenidas dentro de tales áreas. Este concepto se aplica igualmente a la recolección de información (figuras 2 y 3). La información de resolución gruesa generada mediante sensores remotos y sobrevuelos se refina y enfoca en un filtro fino, constituido por información complementaria más detallada obtenida mediante el trabajo de campo.

Las EER se dirigen a la conservación de la biodiversidad (ej., plantas, animales y comunidades naturales). Debido a que esta biodiversidad se encuentra en los ecosistemas y a que las especies y ecosistemas están relacionados funcionalmente, las EER representan también iniciativas de conservación a nivel de ecosistema. Por consiguiente, las EER están diseñadas para ayudar a conservar tanto la biodiversidad como los ecosistemas.

Experiencia hasta hoy

El concepto de la EER ha persistido ya durante diez años. Tenemos conocimiento de unas cincuenta EER que se han realizado en una variedad de terrenos tropicales, todas ellas utilizando el modelo desarrollado por The Nature Conservancy. De estas cincuenta, The Nature Conservancy ha participado directamente en treinta y tres (tabla 1, figura 4). Las EER han contribuido a mejorar la conservación de muchas áreas y a mejorar la capaci-

Tabla 1. Localizaciones de las EER e instituciones colaboradoras principales. Aunque la mayoría de las EER se han enfocado en los hábitats terrestres, también se han realizado varias EER marinas. Es evidente la diversidad de instituciones responsables (por ejemplo, agencias del gobierno, ONGs y centros de datos para la conservación, consultores, museos y universidades).

País	Nombre del lugar	Tipo	Año	Instituciones responsables
Belice	Reserva Natural Bladen	Terrestre	1994	Audubon Society de Belice
	Port Honduras	Marina	1996	Ministerio de los Recursos Naturales Centro para Estudios Ambientales de Belice Centro Científico para la Conservación Marina de Florida y el Caribe
Brasil	Terrenos de la Champion Internacional Corporación	Terrestre	1998	Museo Paraense Emilio Goeldi
	Mato Grosso	Terrestre	1989	CDC-Brasil Fundación Estatal del Medio Ambiente
	Parque Nacional Pantanal & región adyacente	Terrestre	1992	Fundación Brasileña para la Conservación de la Naturaleza IBAMA
	Río Saposoba	Terrestre	1990	CDC-Brasil Fundación Estatal del Medio Ambiente
	Parque Nacional Serra do Divisor	Terrestre	1998	Fundación SOS Amazonia IBAMA
China	Sistema de Parques Nacionales de los Grandes Ríos	Terrestre	En desarrollo	Gobierno de la Provincia de Yunnan Provincia Yunnan
Colombia	Parque Nacional Sierra Nevada de Santa Marta	Terrestre	1998	Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta La Unidad Especial de Parques Nacionales del Ministerio del Medio Ambiente
Costa Rica	Península Osa	Terrestre	1997	Fundación Neotrópica
	Corredor Biológico Talamanca	Marina/ Terrestre	1998	ProAmbiente
	Región Tempisque	Terrestre	1995	Fundación Neotrópica
Cuba	Estación Naval de los EE.UU. en la Bahía de Guantánamo	Marina/ Terrestre	1997	ProAmbiente
República Dominicana	Parque Nacional del Este	Marina/ Terrestre	1997	PRONATURA Dirección Nacional de Parques Secretaría de Agricultura del Estado Espeleogrupo Acuario Nacional Fundación Mamma
	Área de Conservación Madre de las Aguas	Terrestre	En desarrollo	Fundación Progresio Museo de Historia Natural Jardín Botánico Nacional Dirección Nacional de Parques
Ecuador	Parque Nacional Podocarpus	Terrestre	1995	Fundación Natura CDC-Ecuador Fundación Arcoiris
	Monos Machos	Terrestre	1996	CDC-Ecuador Fundación Natura Fundación Jatun Sacha World Parks Endowment
Guatemala	Reserva de la Biosfera Maya	Terrestre	1999	APESA
	Parque Nacional Sierra de Lacandón	Terrestre	En desarrollo	Defensores de la Naturaleza
	Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas	Terrestre	1999	Centro de Datos para la Conservación de Guatemala Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) Fundación Defensores de la Naturaleza
Honduras	Parque Nacional El Cusuco	Terrestre	1996	Fundación Ecológica "Héctor Rodrigo Pastor Fasquelle" BioConsult S. de R.L.
Jamaica	Parque Nacional Blue & John Crow Mountains	Terrestre	1994	CDC-Jamaica Departamento Forestal de Agricultura
	Toda la isla	Terrestre	1991	Unidad de Planificación Rural y Física del Ministerio de Agricultura CDC-Jamaica
	Parque Marino Montego Bay	Marina	1994	CDC-Jamaica Parque Marino Montego Bay Autoridad para la Conservación de los Recursos Naturales de Jamaica

País	Nombre del lugar	Tipo	Año	Instituciones responsables
Belice	Reserva Natural Bladen	Terrestre	1994	Audubon Society de Belice
	Port Honduras	Marina	1996	Ministerio de los Recursos Naturales Centro para Estudios Ambientales de Belice Centro Científico para la Conservación Marina de Florida y el Caribe
Brasil	Terrenos de la Champion Internacional Corporación	Terrestre	1988	Museo Paraense Emilio Goeldi
	Mato Grosso	Terrestre	1989	CDC-Brasil Fundación Estatal del Medio Ambiente
	Parque Nacional Pantanal & región adyacente	Terrestre	1992	Fundación Brasileña para la Conservación de la Naturaleza IBAMA
	Río Suporaba	Terrestre	1990	CDC-Brasil Fundación Estatal del Medio Ambiente
	Parque Nacional Serra do Divisor	Terrestre	1998	Fundación SOS Amazonia IBAMA
China	Sistema de Parques Nacionales de los Grandes Ríos	Terrestre	En desarrollo	Gobierno de la Provincia de Yunnan Provincia Yunnan
Colombia	Parque Nacional Sierra Nevada de Santa Marta	Terrestre	1998	Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta La Unidad Especial de Parques Nacionales del Ministerio del Medio Ambiente
Costa Rica	Península Osa	Terrestre	1997	Fundación Neotrópica
	Corredor Biológico Talamanca	Marina/ Terrestre	1998	Pro Ambiente

dad de conservación de muchas instituciones cuya responsabilidad es la de preservar la biodiversidad (tabla 2). Específicamente, las EER han dado como resultado el establecimiento de áreas protegidas, desarrollo de planes de manejo y zonificación, diseño de corredores biológicos, elección de áreas prioritarias de conservación, identificación de necesidades futuras de investigación y desarrollo de programas para combatir las amenazas.

Las EER también han mejorado el conocimiento científico sobre la biodiversidad. Varios informes de EER han descrito especies nuevas para la ciencia o han reportado por vez primera ciertas especies en áreas o regiones particulares. Los especímenes colectados durante las EER siempre son depositados en museos e incluyen información precisa sobre su ubicación en el campo.

El mayor programa internacional de The Nature Conservancy es el de América Latina y el Caribe, por lo que la experiencia acumulada hasta la fecha con las EER proviene principalmente de estas áreas. Pero esto no implica que la metodología de la EER, o este manual, sea útil sólo en América Latina y el Caribe. La metodología de la EER es aplicable en cualquier lugar. The Nature Conservancy ha estado involucrada en una EER en las Islas Salomón (Leary, 1993) y durante la producción de este libro se inició una EER en la provincia Yunnan de China.

Las EER resultan de mayor utilidad en áreas del mundo para las cuales existe poca información. Para zonas bien estudiadas (ej., zonas templadas de América del Norte o Europa), la abundancia de información sobre la biodiversidad permite el uso de herramientas científicas de conservación sofisticadas [ej., análisis GAP (Scott et al., 1996) y evaluaciones de conservación a lo largo de la distribución completa de una sola especie (Buttrick, 1992)].

Otras metodologías

Es algo sorprendente que relativamente pocas metodologías paralelas a las EER, así como pocas metodologías alternativas, parezcan existir en otras regiones del mundo.

El Programa de Evaluación Rápida (RAP) (Roberts, 1991; Foster et al., 1994) de Conservation International es una metodología de evaluación elegantemente simple y muy rápida. Se basa en la formación de un equipo multidisciplinario de expertos reconocidos, quienes conducen estudios de campo en localidades predeterminadas e inmediatamente escriben sus resultados, orientados a la producción de listas, incluyendo recomendaciones de conservación. A la fecha se han llevado a cabo cerca de una docena de expediciones RAP, principalmente en América Latina (ver http://www.conservation.org para más información sobre RAP).

El enfoque BioRap (Margules y Redhead, 1995) por otro lado, es una metodología intensivamente computacional que emplea software para modelos espaciales complejos y deriva varios conjuntos de datos ambien-

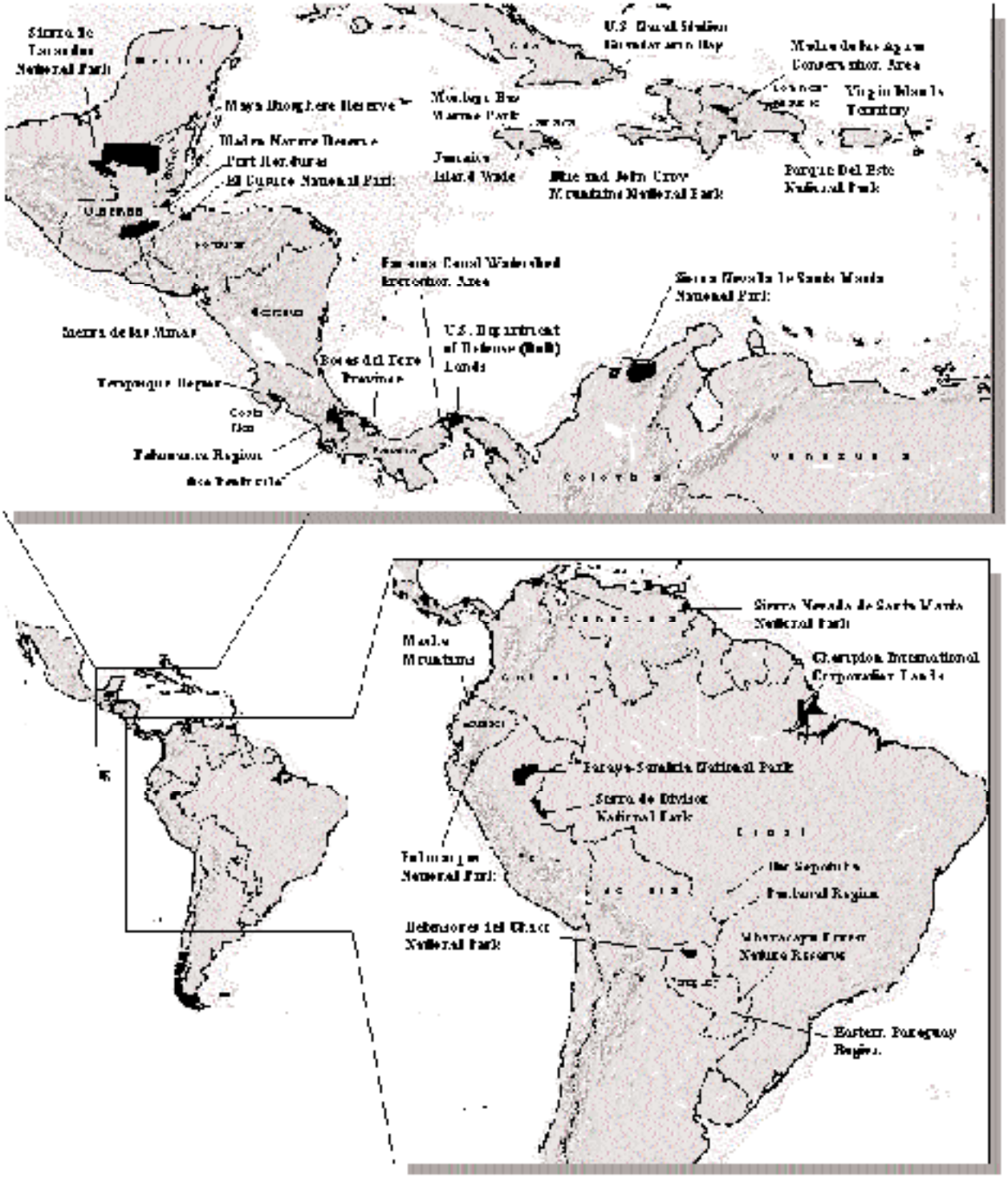


Figura 4. Localizaciones de varias EER en América Latina y el Caribe. Nótese la variedad en el tamaño de las áreas para las cuales se han llevado a cabo, abarcando desde áreas pequeñas de decenas de hectáreas (ej., Guantánamo, Cuba) hasta las de millones de hectáreas (ej., Pacaya-Samiria, Perú).

tales y de biodiversidad, los cuales son consiguientemente integrados y analizados para seleccionar áreas prioritarias para la conservación. Con las variables ambientales se producen mapas, modelos espaciales y predicciones de patrones de distribución de entidades biológicas. El enfoque BioRap utiliza información disponible sobre la distribución de la diversidad biológica y no incluye un componente de investigación de campo específico para generar esta información. BioRap se ha utilizado extensivamente en Australia.

El minimalismo taxonómico (Beattie y Oliver, 1994) es un método de estudio que resalta el uso de rangos taxonómicos en lugar de identificación de especies a nivel de binomios latinos. Aunque la evaluación de la biodiversidad a nivel de género, familia, orden o incluso phylum tiene menos resolución taxonómica, puede ser más rápida y menos costosa. El uso de morfoespecies es otro ejemplo de minimalismo taxonómico. Morfoespecies son grupos de organismos identificados mediante características morfológicas similares, sin guardar relación alguna con los sistemas de clasificación establecidos. Por ejemplo, los invertebrados que se encuentran en desperdicios pueden separarse en arañas, escarabajos, hormigas, etc. y luego clasificarse en un nivel siguiente por tamaño, color y otras características.

El Inventario de Biodiversidad de Todos los Taxa (*All Taxa Biodiversity Inventory - ATBI*) (Janzen y Hallwachs, 1994) es un inventario total a nivel de especie (desde virus hasta árboles grandes) de una área extensa. Basado en la parataxonomía, la cual consiste en capacitar a técnicos en la colecta y preparación de especímenes para identificación taxonómica formal, ATBI documenta qué especies están presentes, cómo distinguirlas, dónde encontrarlas en el área, cómo obtenerlas y cuál es su historia natural. ATBI se ha utilizado en Costa Rica.

La EER difiere de cada una de estas otras técnicas de evaluación en dos áreas principales: (1) su dependencia en la interpretación de imágenes (de satélite o fotografía aérea) para delinear las características de la biodiversidad a nivel de zonas extensas que posteriormente se caracterizan y muestrean para obtener los elementos de la biodiversidad a nivel de especie y (2) su énfasis en la participación de científicos locales y el fortalecimiento de la capacidad para la conservación. La participación de socios va siempre incluida en el diseño de proyectos EER desde la etapa inicial. Los socios se involucran teniendo en mente el manejo para la conservación de las áreas después de haber completado la EER. De manera similar, los mapas de la caracterización del terreno están orientados hacia el manejo de la zona.

Parámetros de definición

Tres de las preguntas más comunes acerca de las EER son: “¿qué actividades se realizarán?”, “¿qué tipo de medio ambiente se evaluará?” y “¿quién hará el trabajo?”. Los parámetros que definen una EER incluyen sus objetivos, el tipo de medio ambiente caracterizado (ej., terrestre versus marino) y el número y tipo de instituciones colaboradoras involucradas. (Para más información vea el capítulo 3.)

Objetivos

Es claro que las EER incorporan objetivos múltiples. Los objetivos de las EER más comunes generalmente se asemejan a los siguientes ejemplos:

- Caracterizar la distribución de la vegetación y ciertos taxa en el área de estudio.
- Producir la información biofísica básica necesaria para el desarrollo de los subsiguientes planes de manejo, evaluaciones de impacto ambiental y políticas legislativas.
- Conducir un análisis de amenazas a la biodiversidad del área.
- Capacitar a científicos locales en la metodología de la EER.
- Producir resultados informativos (datos, informes, mapas, listas, clasificaciones, descripciones e identificación de amenazas) para propósitos de manejo, educación y recaudación de fondos.

Una revisión de estos objetivos revela una variedad de:

- terrenos estudiados (área protegida, parque, cuenca hidrológica, corredor, islas);
- orientaciones de manejo (desarrollo de un plan de manejo, monitoreo, realización del análisis de amenazas, creación del esquema de zonificación, revisión de los límites del parque);
- orientaciones científicas (desarrollo de una clasificación de la vegetación, identificación de especies en peligro, cuantificación de la diversidad de plantas y animales); y
- orientaciones de fomento de capacidad (capacitación del personal, mejoras a la capacidad institucional, contribución al inventario nacional).

Nótese que ninguno de estos objetivos incluye una evaluación de impacto ambiental, porque las EER no describen los efectos en el medio ambiente de los proyectos propuestos. Sin embargo, las EER pueden proporcionar información ecológica de base para evaluaciones de impacto, con la advertencia de que las EER no caracterizan de forma definitiva ninguno de los siguientes aspectos: (1) la distribución de todos los taxa o (2) los procesos ecológicos que ocurren en el área de estudio.

Terrestre versus Marino

El alcance de una EER incluye la consideración de hábitats terrestres, marinos o ambos. Aunque el proceso para cada hábitat es similar, los métodos de muestreo varían considerablemente y este libro resalta las EER terrestres. Las EER que incluyen tanto la dimensión marina como la terrestre son de logística complicada y difícil de llevar a cabo si el muestreo para ambas se va a conducir al mismo tiempo. No es necesario realizar simultáneamente las evaluaciones terrestre y marina y, de hecho, es posible que las temporadas de muestreo ideales para cada una no coincidan.

En caso de realizar una EER que incluya sistemas terrestres y marinos adyacentes y si existen manglares, se requerirá de planificación considerable para determinar cómo deberán muestrearse los manglares y cuál equipo (el marino o el terrestre) realizará el muestreo. Aunque la mayoría de las EER en el pasado se han enfocado ya sea en la dimensión terrestre o en la marina, éstas pueden también enfocarse en hábitats de agua dulce (humedales, lagos, ríos, aguas subterráneas). La metodología para las EER en agua dulce no está bien establecida debido a una falta general de experiencia en estos ambientes (pero véase Chernoff, 1998). No obstante, los métodos para la clasificación de comunidades acuáticas están cada vez más disponibles (Lammert y Higgins, 1997) y la adaptación de la metodología de la EER a los ambientes acuáticos será relativamente fácil.

Socios institucionales

Otro parámetro que define una EER es el número de instituciones colaboradoras, las cuales incluyen organizaciones gubernamentales, no gubernamentales (ONG) e investigadores universitarios. Una EER siempre cuenta con un responsable principal, típicamente una ONG de fuerte influencia que tiene a su cargo el manejo de la zona. Mientras que para propósitos de manejo lo mejor es limitar el número de instituciones colaboradoras, este límite no siempre es posible porque la habilidad disciplinaria está esparcida entre muchos individuos provenientes de instituciones múltiples. El responsable principal organiza los arreglos logísticos, coordina las actividades de los colaboradores, administra las finanzas del proyecto y sirve como el punto de contacto principal con otras instituciones colaboradoras.

Los donantes al proyecto, que pueden incluir la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), otras agencias del gobierno de EE.UU. (ej., el Departamento de Defensa), el Banco Mundial, bancos de desarrollo multilateral, programas de asistencia internacional, gobiernos locales, fundaciones, corporaciones e individuos, con frecuencia juegan un papel participativo. Esta participación puede lograrse invitando a los donantes a asistir a talleres (ya sea como observadores o participantes, dependiendo de su nivel de interés y habilidad) y brindando oportunidades para que revisen los documentos.

Cómo pueden usarse las EER

Las EER sirven para una variedad de propósitos de conservación y se implementan a escalas variadas. Las siguientes secciones describen distintas aplicaciones de las EER.

Planificación regional para la conservación

La planificación efectiva para conservación a nivel regional requiere de dos tipos de evaluaciones: ecológica (incluyendo la EER) y de representatividad.

Las evaluaciones ecológicas son análisis que generan información acerca de la biota y los procesos ecológicos de un área o región. La EER es un tipo de evaluación ecológica que se especializa más en la caracterización de distribuciones de la biota que en la comprensión de los procesos ecológicos. Las evaluaciones ecológicas identifican los objetos de conservación a nivel de zonas extensas o a nivel de especie dentro de una región o área de estudio particular.

Las evaluaciones de representatividad son un tipo de análisis diferente, con enfoque y escala de conservación regional. Estos análisis emplean información sobre distribución de la biodiversidad para diseñar estrategias de conservación regional (Austin y Margules, 1986). Tales estrategias por lo regular involucran el diseño de portafolios de zonas para la conservación que servirán para preservar ejemplos representativos de la biodiversidad dentro de una determinada región. Una evaluación de representatividad analiza áreas múltiples para su posible inclusión en un diseño basado en redes de áreas para la conservación.

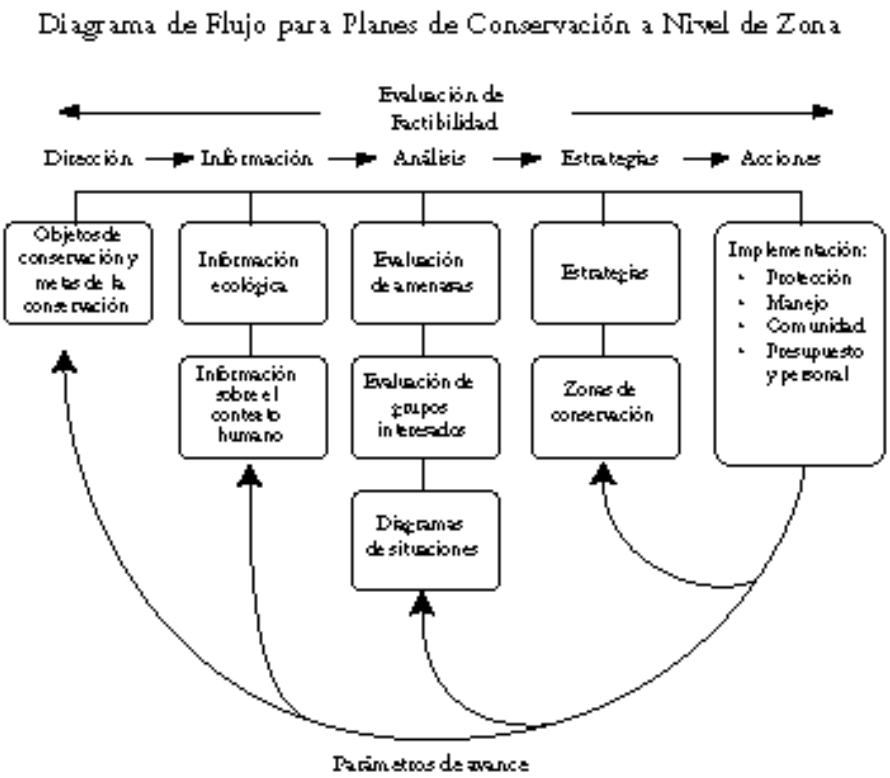
Las evaluaciones de representatividad requieren información producida mediante evaluaciones ecológicas. Por lo tanto, las EER son importantes no sólo en la conservación a nivel de sitio, sino también a nivel regional. Algunas EER, de hecho, se han enfocado principalmente en evaluaciones a nivel regional con el fin de identificar áreas de conservación prioritarias (Acevedo et al., 1990; Aparecida de Brito et al., 1991a; Grossman et al., 1991). Las EER a escala regional prometen ser útiles también para apoyar con información las iniciativas de planificación ecorregional. La planificación ecorregional basada en la inclusión de comunidades naturales definidas como parte de estrategias de conservación y redes de áreas protegidas se ha convertido en la meta de muchas instituciones conservacionistas. (Dinerstein et al., 1995; The Nature Conservancy, 1997a). Las EER generan información útil acerca de las unidades de vegetación y su representatividad a escalas regionales.

Planificación para conservación de sitios (PCS)

A escalas de conservación basadas en sitios (ej., un parque nacional), las EER proporcionan información básica sobre la biodiversidad de una área determinada e identifican los objetos de conservación (tipos de vegetación y especies) para las cuales se formulan las metas y estrategias de manejo. Además, las EER generan información ecológica básica, información sobre amenazas y, cada vez más, información acerca del contexto humano en la zona. Así, la información que resulta de las EER u otras evaluaciones ecológicas debe considerarse básica y esencial para el proceso de planificación para la conservación de sitios (figura 5). El proceso de planificación para la conservación descrito en la figura 5 es un modelo estandarizado para conservación a nivel de sitio empleado por The Nature Conservancy y su red de instituciones conservacionistas asociadas en los Estados Unidos y otros países (Fawver y Sutter, 1996). Los planes de manejo de una zona no deben desarrollarse sin conocer los objetos de conservación; este conocimiento se deriva de las evaluaciones ecológicas. En general, la planificación para la conservación de sitios involucra varios pasos. Es claro que la EER es una pieza central del proceso de conservación de un sitio, ya que la planificación para la conservación no puede avanzar sin recibir información acerca de los objetos de conservación.

Conservación basada en comunidades

Cuando las EER se implementan en una zona, deben estudiarse las comunidades locales y debe analizarse el contexto humano de la conservación. Otro componente de la planificación para conservación de áreas es la inte-



1	¿Cuáles son los objetos de conservación (comunidades vegetales y especies) y metas a largo plazo para tales objetos?	*OBJETOS DE CONSERVACIÓN y METAS*
2	¿Qué atributos ecológicos y biológicos sustentan a largo plazo a los objetivos biológicos?	*INFORMACION ECOLOGICA*
3	¿Cuáles son las características de las comunidades humanas en el área de estudio?	*INFORMACION SOBRE CONTEXTO HUMANO*
4	¿Qué actividades actuales y potenciales interfieren con el mantenimiento de los procesos ecológicos que sustentan a los objetos de conservación?	*EVALUACION DE AMENAZAS*
5	¿Quiénes son los grupos e individuos con influencia en el lugar, cuáles son sus intereses, qué impacto podemos causarles y cómo pueden ayudarnos o perjudicarnos en cuanto al logro de metas para el área de estudio?	*EVALUACION DE GRUPOS INTERESADOS*
6	¿Qué podemos hacer para evitar o mitigar las actividades amenazantes y cómo podemos influenciar a personas interesadas de importancia?	*ESTRATEGIAS DE CONSERVACION*
7	¿En qué partes de la región necesitamos actuar?	*ZONAS DE CONSERVACION*
8	¿Qué acciones son necesarias para cumplir nuestras metas, quién las realizará, cuánto tiempo tomarán, qué costo tendrán?	*IMPLEMENTACION*
9	¿Con base en una evaluación de las posibilidades ecológicas y la fuerza programática, podemos lograr nuestras metas?	*FACTIBILIDAD*
10	¿Cómo determinaremos si estamos avanzando hacia nuestras metas?	*PARAMETROS DE AVANCE*

Figura 5. El método de "planificación para la conservación de sitios"(PCS). Este método puede concebirse como una serie de pasos y preguntas; las respuestas constituyen los componentes principales del plan de conservación para el área. Las EER generan información sobre los objetos de conservación (comunidades naturales y especies) y amenazas, los cuales alimentan el proceso de PCS.

gración de información sobre especies y tipos de vegetación con la información sobre el contexto humano local (figura 5). Este análisis del contexto humano es un proceso de encuesta social participativo e iterativo que combina herramientas y metodologías existentes para evaluar y describir las relaciones entre las comunidades locales y el área de conservación (Borrini-Feyerabend, 1997; Byers, 1996; FAO, 1990; Feuerstein, 1986; National Environment Secretariat, 1990; Poole, 1995; Slocum et al., 1995). La gente de la localidad frecuentemente es la primera usuaria de los recursos del área de estudio, por lo tanto, un mejor entendimiento de los conflictos derivados del uso de los recursos, las estructuras de poder y las relaciones entre sexos en las comunidades cercanas, facilita la planificación de la conservación. (ver, por ejemplo, Redford y Mansour, 1996; Western y Wright, 1994). Ya que los humanos son una parte esencial de la fórmula y de la solución para la conservación, debe siempre conducirse un análisis de las comunidades humanas locales en forma paralela con las EER.

Ciencia aplicada

La EER es una aplicación de la ciencia para satisfacer metas de conservación y su metodología y proceso se contextualizan siempre dentro del claro entendimiento de los objetivos y resultados específicos esperados de la EER. Una EER no debe interpretarse como investigación básica, ya que cada EER representa ciencia realizada con un propósito de manejo predeterminado. Si el objetivo específico de una EER es, por ejemplo, identificar la biodiversidad de una área para guiar el desarrollo de un plan de manejo, entonces la EER es un método de ciencia aplicada para generar rápidamente información útil sobre la biodiversidad para la formulación de un plan de manejo. Si el objetivo específico de la EER es identificar los hábitats críticos para designarlos en la categoría de manejo estricto de protección, entonces las EER representa ciencia aplicada para guiar el establecimiento de zonas o áreas protegidas. Si el objetivo específico de la EER es identificar la abundancia de una población para evaluar los reglamentos de su colecta, entonces la EER ofrece ciencia aplicada como apoyo a decisiones específicas de manejo de recursos.

Cómo medir el éxito

El éxito de una EER se mide en términos de los beneficios de conservación producidos, la calidad de la información generada, la capacitación que se proporcionó y el mejoramiento del manejo de recursos en el área. Algunas veces los impactos a la conservación son obvios, tal como el establecimiento del área como un parque nacional o la incorporación de un esquema de zonificación en un plan de manejo. Las EER también son exitosas cuando dan como resultado la generación de información que contribuye al mejor conocimiento científico de la biodiversidad, tal como el descubrimiento de una especies nueva para la ciencia, rara o amenazada. Un aspecto obvio del éxito de una EER es el descubrimiento de una especie nueva para la ciencia. En general, una EER puede considerarse exitosa sólo si produce información que contribuya a mejorar el manejo de una zona y a orientarlo a la conservación. La Tabla 2 muestra varios de dichos “éxitos”.

Las EER, además, brindan oportunidades de capacitación para científicos y administradores de recursos. La EER es una herramienta muy útil de planificación para la conservación y los individuos capacitados en el uso de esta herramienta se consideran bienes valiosos para la conservación. Esta dimensión de la EER, la de fomentar capacidad, es importante porque provee el potencial para realizar trabajo similar en el futuro.

Además de los impactos a la conservación y los beneficios de capacitación, las EER deben considerarse exitosas si producen y mejoran el potencial para establecer colaboraciones inter-institucionales. Las EER pueden contribuir a mejorar el ambiente político y pueden también servir como puntos focales para galvanizar el interés en temas ambientales locales.

Organización del Manual

Este manual puede abordarse de dos formas: primero, como una descripción del proceso de la EER; y segundo, como una descripción de las técnicas y herramientas esenciales que se utilizan para realizar una EER.

Tabla 2. Tipos y frecuencia de los beneficios para la conservación obtenidos de las EER. Las EER han mejorado la conservación de áreas en una variedad de formas, pero principalmente a través del desarrollo de un método de manejo más sólido. Estos datos provienen de un estudio de los impactos ambientales de las EER (Sedaghatkish, 1999).

Beneficios de las EER a la conservación	*No. de á*
Nuevas áreas protegidas	2
Planes de manejo	10
Aumento en la presencia del manejo	9
Adquisiciones de tierra	6
Cambios de zonificación o límites	11
Monitoreo Ecológico	9
Actividades de restauración	6
Creación/diseño de corredores biológicos	4
Mayor protección de los hábitats	10
Programas de educación ambiental	7
Actividades para combatir amenazas	8
Programas de investigación	11
Actividades de desarrollo sustentable	6
Actividades comunitarias de conservación	9

El proceso de diez pasos para la EER, que se describe al inicio del capítulo 1, se divide aproximadamente en cuatro fases. La primera fase es la conceptualización y planificación inicial. La segunda incluye talleres de planificación y capacitación y la caracterización inicial del terreno. La tercera fase es la ejecución del trabajo de campo. La cuarta es el análisis de la información y elaboración del informe. El orden de los capítulos en este libro, por lo general, sigue la secuencia de estas fases.

Las técnicas y herramientas esenciales se describen a lo largo del manual e incluyen lo siguiente: clasificación e inventario de la vegetación, muestreo, SIG, proceso de imágenes de satélite, fotografía aérea, GPS, diseño y elaboración de mapas, métodos para el inventario de plantas y animales, evaluación de amenazas, manejo de datos e integración de la información. A través del manual se combina la presentación de materiales que describen el proceso y las herramientas de la EER.

El manual se divide en cinco partes. La Parte I trata de los temas relacionados con el proceso y planificación e incluye los capítulos segundo y tercero. El primer capítulo presenta una revisión general del proceso de la EER y el esquema de muestreo. Se recomienda a todos los lectores que revisen la descripción del proceso, porque presenta la secuencia de pasos a seguir en prácticamente todas las EER. La descripción del esquema de muestreo es importante también, porque señala el énfasis en la caracterización y trazado de mapas de vegetación como marco para todos los esfuerzos de muestreo de campo. El capítulo 2 trata de las dimensiones de planificación y manejo en la EER. Debido a que las EER generalmente son proyectos multi-institucionales, éstas requieren de atención especial en la dirección del proyecto.

La Parte II se enfoca en las dimensiones de diseño y elaboración de mapas, así como en otros aspectos espaciales de las EER. Los capítulos 3 y 4 van dirigidos a lectores con interés en conocer o realizar el diseño y elaboración de mapas de biodiversidad dentro del contexto de una EER. El capítulo 3 describe las tecnologías de información espacial (SIG, GPS y sensores remotos) y sus aplicaciones en la conservación, mientras que el capítulo 4 describe la elaboración de mapas en una EER. Se recomienda a todos los lectores revisar la sección de los mapas a color en el apéndice 4 para adquirir una impresión visual de mayor impacto del proceso de la EER. El apéndice 1 presenta una descripción detallada de la EER en el Parque Nacional del Este.

La Parte III presenta temas relacionados al trabajo de campo, incluyendo los estudios de fauna y vegetación y la evaluación de amenazas. Los capítulos 5 y 6 describen los estudios de vegetación y fauna, respectivamente, y están diseñados para lectores que desean comprender los componentes de muestreo y análisis a nivel de especie en una EER. El capítulo 7– una descripción general de evaluación de amenazas – está orientado a lectores que desean comprender cómo caracterizar las amenazas a la biodiversidad dentro de una área.

La Parte IV concierne a los aspectos de manejo e integración de la información y a la elaboración de informes. El capítulo 8 describe los aspectos del manejo de información de las EER y cómo se integran y sintetizan grandes cantidades de información producida por diferentes equipos de EER para elaborar un conjunto cohesivo de recomendaciones de manejo para el área de estudio. El capítulo 9 describe cómo documentar, publicar y difundir la iniciativa de la EER.

La Parte V (capítulo 10) contiene comentarios acerca del futuro de la EER. Los apéndices contienen (1) un estudio de caso detallado sobre la misma EER para la cual se desarrollaron los mapas a color del capítulo 4 (Parque Nacional del Este, República Dominicana; The Nature Conservancy, 1997b), (2) un conjunto completo de formularios de campo para el muestreo de la EER, (3) una muestra de la descripción general del alcance del trabajo acordado entre las entidades solicitante y responsable de una EER, la cual puede utilizarse como

modelo de un acuerdo de colaboración y (4) un conjunto de 17 mapas a color. Doce de estos mapas describen la secuencia de las actividades relacionadas con la elaboración de mapas durante una EER, presentada como estudio de caso para el Parque Nacional del Este en la República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997b); los cinco mapas restantes son ejemplos de otras EER.

Referencias bibliográficas

Acevedo, C., J. Fox, R. Gauto, T. Granizo, S. Keel, J. Pinazzo, L. Spinzi, W. Sosa, y V. Vera. 1990. *Areas Prioritarias para la Conservación en la Región Oriental del Paraguay*. Asunción, Paraguay: Centro de Datos para la Conservación.

Aparecida de Brito, M., C. Sobrevila, J. C. Dalponte, G. A. Borges, y T. Grant. 1991a. *Setting Conservation Priorities in the State of Mato Grosso, Brazil*. Informe inédito: The World Bank. Washington, D.C.: The World Bank.

Aparecida de Brito, M., C. Sobrevila, T. Grant, y J. Walsh. 1991b. *Rapid Ecological Assessment of Rio Sepotuba, Mato Grosso, Brazil*. Unpublished report: The World Bank. Washington, D.C.: The World Bank.

Austin, M. P., y C. R. Margules. 1986. "Assessing Representativeness". *Wildlife Conservation Evaluation*. Ed. M. B. Usher, pp. 45-67. London, England: Chapman and Hall.

Beattie, A. J., y I. Oliver. 1994. Taxonomic Minimalism. *Trends in Ecology and Evolution*: 9: 488-90.

Borrini-Feyerabend, G., ed. 1997. *Beyond Fences: Seeking Social Sustainability in Conservation (Volumes I and II)*. Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature.

Buttrick, S. C. 1992. "Habitat management: a decision making process". *Rhodora* 94: 258-286.

Byers, B. A. 1996. *Understanding and Influencing Behaviors in Conservation and Natural Resources Management*. African Biodiversity Series, No. 4. Washington, D.C.: Biodiversity Support Program.

Centro de Datos para la Conservación-Paraguay. 1991. *Estudios Biológicos en el Area del Proyecto Mbaracayú, Canindeyú, República de Paraguay: Caracterización de las Comunidades Naturales, la Flora y la Avifauna*. Asunción, Paraguay: Centro de Datos para la Conservación.

Chernoff, B. 1998. *Biodiversity and conservation of aquatic systems: Rapid assessment programs, establishing priorities, and ethical considerations.* En N. Castagnoli, ed., Symposium on Biodiversity and Conservation, 58.2, in Proceedings of the Pan American Veterinary Congress XV.

Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder, y G. Ledec. 1995. *A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C.: Banco Mundial.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1990. *The Community's Toolbox: The Idea, Methods y Tools for Participatory Assessment, Monitoring y Evaluation in Community Forestry*. Community Forestry Field Manual 2. Preparado por D'Arcy Davis Case. Bangkok, Thaily: FAO Regional Wood Energy Department.

Fawver, R., y R. Sutter. 1996. Threat Assessment. Chapter 9 in *Site Conservation Planning Manual*. Documento técnico inédito. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Feuerstein, M-T. 1986. *Partners in Evaluation: Evaluating Development and Community Programmes with Participants*. London: MacMillan.

Foster, R. B., T. A. Parker III, A. H. Gentry, L. H. Emmons, A. Chicchón, T. Schulenberg, L. Rodríguez, G. Lamas, H. Ortega, J. Icochea, W. Wust, M. Romo, J. A. Castillo, O. Phillips, C. Reynel, A. Kratter, P. K. Donahue, y L. J. Barkley. 1994. *The Tambopata-Candamo reserved zone of southeastern Perú: a biological assessment*. Washington, D.C.: Conservation International

Grossman, D. H., S. Iremonger, y D. M. Muchoney. 1991. *Jamaica: A Rapid Ecological Assessment. Phase I: An Island-Wide Characterization & Mapping of Natural Communities & Modified Vegetation Types*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Institute of Environmental Assessment. 1995. *Guidelines for Baseline Ecological Assessment*. London: Chapman and Hall.

Janzen, D. H., y W. Hallwachs. 1994. *All Taxa Biodiversity Inventory (ATBI) of Terrestrial Systems. A generic protocol for preparing wildland biodiversity for non-damaging use*. Informe borrador de un taller de National Science Foundation, Abril 16-18, 1993, Philadelphia, Pa.

Jermy, C., Long, M. Sands, N. Stork, y S. Winser, eds. 1995. *Biodiversity Assessment: A Guide to Good Practice*. London: Department of the Environment/HMSO.

Lammert, M., y J. Higgins. 1997. *A Classification Framework for Freshwater Communities: Proceedings of The Nature Conservancy's Aquatic Community Classification Workshop*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Leary, T., ed. 1993. *Rapid Ecological Survey of the Arnavon Islands: A report to the landowners of the Arnavon Island Group*. Solomon Islands: The Nature Conservancy and Environment and Conservation.

Margules, C. R., y M. P. Austin, eds. 1991. *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis*. Australia: CSIRO.

Margules, C. R., y T. C. Redhead. 1995. *BioRap: Guidelines for using the BioRap Methodology and Tools*. Australia: CSIRO.

Nature Conservancy, The. 1997a. *Designing a Geography of Hope: Ecoregion-based Conservation in The Nature Conservancy*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Nature Conservancy, The. 1997b. *Evaluación Ecológica Integral: Parque Nacional del Este, República Dominicana. Tomo 1: Recursos terrestres*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

NES. 1990. *Participatory Rural Appraisal*. National Environment Secretariat en Kenya, Clark University, Egerton University y el Center for International Development and Environment of the World Resources Institute.

Oren, D., J. Cardoso da Silva, G. Colli, A. Nunes, H. Higuchi, M. Fernandes da Silva, S. Soares de Almeida, y L. Barbosa. 1998. *Rapid Ecological Assessment of the Chamflora Lands, Amapá*. Belém, Brazil: Museu Paraense Emilio Goeldi.

Poole, P. 1995. *Indigenous Peoples, Mapping and Biodiversity Conservation*. Washington, D.C.: Biodiversity Support Program y World Wildlife Fund.

Redford, K., y J. Mansour, eds. 1996. *Traditional Peoples and Biodiversity Conservation in Large Tropical Landscapes*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Roberts, L. 1991. Ranking the rainforests. *Science*: 251:1559-1560.

Sedaghatkish, G. 1999. *Rapid Ecological Assessment Source Book*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Scott, J. M., T. H. Tear, y F. W. Davis. 1996. *Gap Analysis: A Landscape Approach to Biodiversity Planning*. Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing.

Slocum, R., L. Wichhart, D. Rocheleau, y B. Thomas-Slayter, eds. 1995. Power, Process and Participation: Tools for Change. London: Intermediate Technologies Publications.

Sobrevila, C., y P. Bath. 1992. *Evaluación Ecológica Rápida: Un manual para usuarios de América Latina y el Caribe*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Spellerberg, I. 1992. *Evaluation and Assessment for Conservation*. London: Chapman and Hall.

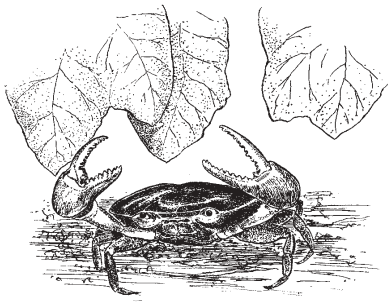
UNEP (United Nations Environment Program). 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Editado por V. H. Heywood, y R. T. Watson. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Western, D., y R. M. Wright. 1994. *Natural Connections: Perspectives in Community-based Conservation*. Washington, D.C.: Island Press.

Parte I

El proceso y planificación de la EER

Capítulo 1



El proceso y esquema de muestreo de la EER

Roger Sayre

Existen dos aspectos de la EER que son fundamentales para comprender el concepto general: la secuencia de diez pasos para la realización del proceso y el método y esquema de muestreo. Este capítulo comienza con la descripción de los diez pasos en el proceso de la EER. A continuación describe el esquema de muestreo, comenzando con una discusión de la clasificación y elaboración de mapas de los tipos de vegetación. A esto le sigue una discusión de la diferencia entre clasificaciones de vegetación y clasificaciones basadas en imágenes y cómo estas dos se concilian. El capítulo concluye abordando los temas de muestreo a nivel de especie, intensidad del muestreo y planes para la toma de muestras.

El proceso

El proceso típico de una EER es una secuencia de eventos en diez pasos, en donde cada paso consiste en un conjunto de actividades relacionadas. La secuencia es como sigue:

1. Desarrollo conceptual
2. Planificación inicial
3. Caracterización inicial del terreno
4. Taller de planificación
5. Taller de capacitación
6. Implementación del trabajo de campo
7. Generación de informes por disciplina
8. Integración y síntesis de la información
9. Preparación del informe final y los mapas
10. Publicación y difusión de los productos

Aunque no todas las EER incorporan cada uno de los diez pasos en el orden exacto descrito anteriormente, por lo general es ésta la secuencia que se sigue.

Desarrollo conceptual

Es en la fase del desarrollo conceptual donde emerge la idea de realizar una EER y se llevan a cabo las discusiones iniciales sobre los méritos y desventajas del método. La necesidad de generar información biológica para una área determinada puede ser identificada por gobiernos, gente de la localidad, científicos internacionales, organizaciones no gubernamentales (ONG) del país y otros. Cuando la necesidad de generar esta información puede ponerse a la par con un mecanismo financiero para efectuar el trabajo, entonces se ha conceptualizado una EER. El responsable principal es quien usualmente conceptualiza una EER y tiene la responsabilidad primaria de toda la planificación y realización.

Planificación inicial

La etapa de planificación inicial sigue inmediatamente a la conceptualización de la EER. Durante esta fase, el responsable principal propone oficialmente efectuar una EER y, por lo general, intenta identificar la extensión geográfica, determinar los objetivos, asegurar el financiamiento, identificar a los colaboradores, desarrollar esquemas de tiempo y solicitar la opinión de la comunidad científica, el gobierno y la gente de la localidad. Antes de anunciar extensivamente la EER debe establecerse la seguridad financiera para el proyecto para prever el caso de que los fondos no se materialicen y la EER no pueda llevarse a cabo. Es de importancia crítica identificar instituciones e individuos colaboradores y esto requiere una consideración escrupulosa del papel, reputación, disponibilidad, costo, disposición y restricciones políticas de los colaboradores potenciales.

Caracterización inicial del terreno

Esta fase consiste en la interpretación de imágenes (de satélite o de fotografías aéreas) para clasificar el terreno bajo estudio en un sistema de unidades de vegetación, típicamente en tipos de vegetación o clases de uso o cobertura de la tierra. Al delinear estos rasgos discernibles del terreno mediante imágenes se revelan el número y distribución de todos los distintos tipos de vegetación. La clasificación del área de estudio en tipos de vegetación es fundamental para el concepto de la EER y distingue a la EER de otros tipos de evaluaciones rápidas de la biodiversidad. La clasificación es preliminar y no es necesario identificar los tipos de vegetación durante la delineación inicial de rasgos, ya que éstos serán necesariamente verificados en subsecuente trabajo de campo. Sin embargo, es extremadamente importante asignar toda el área terrestre que constituye el lugar de estudio a algún sistema de unidades de vegetación. Esta delineación de clases se requiere por dos razones principales: (1) para caracterizar y cartografiar la biodiversidad a nivel del terreno y (2) para establecer un esquema de muestreo dentro del cual se realizará el trabajo de campo. Una vez que el área se ha delineado de manera preliminar en tipos de vegetación, se pueden organizar el número y los detalles logísticos de las visitas de campo. El paso de la caracterización inicial del terreno frecuentemente involucra misiones de reconocimiento sobrevolando el área en helicóptero o avioneta, con el fin de iniciar el proceso de identificación de las unidades de vegetación desconocidas y familiarizarse mejor con la zona.

Talleres de planificación y capacitación

El taller de planificación es el paso más crítico del proceso. Durante este taller todos los colaboradores se reúnen para desarrollar una visión compartida. El taller produce un consenso de los objetivos, los cuales cambian con frecuencia en comparación con objetivos previos. El taller también da como resultado un plan de trabajo derivado por consenso, el cual asigna tareas específicas, identifica individuos responsables y establece logros intermedios y fechas límite.

El taller de capacitación puede efectuarse a la par del taller de planificación o posteriormente. Este taller brinda capacitación relacionada con actividades de orientación técnica, tales como elaboración de mapas, establecimiento de parcelas en el campo y recolección de datos. El taller de capacitación permite a los especialistas en las distintas disciplinas obtener instrucción sobre el uso de técnicas de muestreo y formularios de campo estandarizados. La instrucción es proporcionada por científicos con experiencia en la EER.

Implementación del trabajo de campo

Las actividades de recolección de datos de campo se realizan durante esta fase. El equipo de campo consiste de científicos altamente especializados con experiencia en varias áreas disciplinarias. Estos científicos generalmente se organizan en grupos que representan disciplinas taxonómicas (ej., botánica, herpetofauna y avifauna). Los grupos muestrean el área visitando un número de localidades de muestreo preestablecidas dentro de tipos de vegetación representativos identificados durante la caracterización inicial del terreno. Las operaciones de muestreo de campo requieren de intensa coordinación logística. Para lograr máxima eficiencia y concentración de esfuerzos es preferible tener pocas iniciativas de muestreo pero de mayor duración, basadas en equipos y bien coordinadas, que realizar iniciativas de corta duración por científicos individuales. Todos los datos de campo cuentan con georreferencia precisa usando la tecnología de sistema de posicionamiento global (GPS) para la subsecuente elaboración de mapas y el análisis de datos.

Generación de informes por disciplina

Esta fase incluye el análisis de datos y la presentación de resultados por grupos individuales después de completar las actividades de recolección de datos. Cada grupo produce un documento independiente que detalla los objetivos, metodologías, resultados principales y conclusiones. Estos informes constituyen el componente principal para la integración y síntesis de toda la información derivada de la EER para la preparación del informe final de la EER. Muchos de los colaboradores se retiran de la iniciativa de la EER después de generar sus propios informes sobre taxa o su disciplina particular por las siguientes tres razones: (1) sus informes individuales constituyen contribuciones mayores a la ciencia y al manejo de la biodiversidad por sí mismos, (2) se ha asignado a otra persona la tarea de integrar la información final y preparar el informe o (3) la falta de financiamiento continuo impide la subsecuente dedicación o esfuerzo.

Integración y síntesis de la información

Una vez que todos los informes por disciplina se han entregado al responsable principal, se da inicio a la fase de integración y síntesis de la información. Este trabajo se realiza más eficientemente por un equipo pequeño de individuos que cuenten tanto con un conocimiento extenso del área como con una amplia perspectiva ecológica. El paso de integración involucra la revisión de cada uno de los informes y mapas por disciplina, el análisis de los resultados con un enfoque multidisciplinario, la extracción de la información más importante de cada informe, la reorganización de dicha información en un nuevo contexto multidisciplinario y el desarrollo de conclusiones y recomendaciones para el manejo del área que se presentarán en el informe de la EER.

El paso de integración es la parte más difícil del proceso de la EER. No es un ejercicio trivial el revisar varios documentos, extraer la información más útil de cada uno y combinarla en una síntesis coherente. La visión original de la EER con frecuencia se pierde en esta coyuntura, porque puede resultar desafiante relacionar grandes cantidades de información cruda de manera tal que se satisfagan los objetivos. La dificultad de esta labor puede exacerbarse por la creciente impaciencia por terminar el proyecto. El paso de integración por lo general se realiza mediante un taller.

Informe final, publicación y difusión

Las dos etapas finales—la preparación del informe y mapas finales y la publicación y difusión de los resultados—requieren de un gran esfuerzo para convertir el documento borrador de la etapa de integración y síntesis de la información en un documento (con sus mapas asociados) conciso, útil y con atractivo visual. Por lo común se producen muchas versiones en borrador cuyo estilo y contenido deben revisarse ampliamente. Los donantes de apoyo financiero tal vez deseen revisar los documentos antes de su publicación. Si el documento se va a traducir a otro idioma, se requerirá de personal y/o recursos financieros sustanciales. La decisión de traducir el informe debe tomarse en una etapa temprana del proceso de la EER, con el fin de que el trabajo de traducción pueda comenzar tan pronto como se produzca un informe final aceptable.

Los diez pasos anteriores describen el proceso de una EER y pueden usarse para medir su avance. Ahora volcaremos nuestra atención al esquema de muestreo en una EER.

El esquema de muestreo

Los tipos de vegetación constituyen el esquema de muestreo de una EER. El inventario de especies se realiza dentro de tipos de vegetación definidos. Los tipos de vegetación se organizan y describen con base a sistemas de clasificación vegetal.

Clasificación de la vegetación

Una clasificación de la vegetación es un agrupamiento de tipos similares de vegetación de acuerdo a criterios lógicos. Usualmente, la clasificación se organiza de manera jerárquica y contiene descripciones de los tipos de unidades clasificadas (FGDC, 1996; Grossman et al., 1998). Una clasificación de la vegetación se presenta como una lista ordenada, jerarquizada y lógica de los tipos de vegetación caracterizados en un área o región. Un ejemplo parcial de la clasificación de vegetación en la EER efectuada en Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999) se presenta en el cuadro 1-1. En diferentes regiones del mundo se utilizan distintos sistemas de clasificación y éstos se basan en la estructura de la vegetación (criterios fisionómicos), en la composición de la vegetación (florística) o en una mezcla de criterios que combina tanto la estructura (a niveles jerárquicos más altos) como la composición (a niveles jerárquicos más bajos) (FGDC, 1996; Grossman et al., 1998). Para cada EER se elige una clasificación de la vegetación adecuada para describir los tipos de vegetación que se van a muestrear y caracterizar.

Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación que por lo general se representan en los mapas de las EER, incluyen comunidades vegetales y clases de coberturas vegetales. Las comunidades vegetales son ensamblajes naturales de especies de plantas que coexisten e interactúan y que dependen de y modifican su medio ambiente (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Por lo general reciben nombres que contienen tanto términos descriptivos fisionómicos como florísticos (FGDC, 1996; Grossman et al., 1998). Las clases de coberturas vegetales, por otro lado, son agrupamientos más amplios de tipos similares de vegetación, tales como bosques, humedales y matorrales (Anderson et al., 1976). Las imágenes de resolución espacial relativamente alta (fotografías aéreas o imágenes de satélite de alta resolución) con frecuencia permiten delinear las comunidades vegetales, mientras que las imágenes de baja resolución tal vez sólo permitan delinear la cobertura vegetal. Utilizamos el término *tipos de vegetación* a lo largo de este libro para representar tanto las comunidades vegetales como las clases de coberturas vegetales.

Frecuentemente los tipos de vegetación representan unidades lógicas de manejo, ya que tienen una extensión espacial discernible para la cual pueden formularse estrategias de conservación. Debido a que los resultados de la EER proporcionan la información necesaria para tomar decisiones de manejo de conservación, la representación más útil de la información de una EER es en el contexto de unidades de terreno con base ecológica,

BOSQUE TROPICAL ÁRIDO
- Bosque de Phyllostylon
  - Alianza boscosa de *Phyllostylon brasiliensis*
    - Asociación: *Phyllostylon brasiliensis - Senna sp. - Stenocereus histrix*
- Bosque de Phyllostylon-cactus
  - Alianza boscosa de *Phyllostylon brasiliensis*
    - Asociación: Bosque de *Phyllostylum brasiliensis*

BOSQUE/ARBUSTAL DE MANGLARES
- Bosque inundable de manglar rojo
  - Bosque *Rhizophora mangle* inundable por las mareas
    - Bosque medio insular de *Rhizophora mangle*
- Arbustal de manglar negro
  - Arbustal de *Avicennia germinans* inundable por las mareas
    - Asociación: Arbustal de *Avicennia germinans/Batis maritima*

BOSQUE DE PALMERAS
- Bosque de Bucida
  - Alianza de bosque de *Bucida spinosa* inundado estacionalmente
    - Asociación: Bosque de *Bucida spinosa - Harrisia taylori/Cordia globosa*
- Bosque de Cordia
  - Alianza de bosque de *Cordia dentata* inundado estacionalmente
    - Asociación: Bosque de *Cordia dentata - Citharexylum fruticosum - Capparis fer ruginea/ Cordia globosa - Lycium tweedianum*

ARBUSTAL DE PALMERAS
- Arbustal de Coccothrinax
  - Alianza de arbustal de *Coccothrinax fragrans*
    - Asociación: Arbustal de *Coccothrinax fragrans*
- Arbustal de Croton - Coccothrinax
  - Alianza de arbustal de *Coccothrinax fragrans - Croton (rosmarinoides, stenophyllus)*
    - Asociación: Arbustal de *Coccothrinax fragrans - Croton (rosmarinoides, stenophyllus)*

ARBUSTAL ÁRIDO TROPICAL
- Arbustal de Cactus/espinoso
  - Alianza de bosque de *Stenocereus peruvianus*
    - Asociación: Bosque de *Stenocereus peruvianus - Plumeria tuberculata*
  - Alianza de arbustal de *Randia aculeata*
    - Asociación: Arbustal de *Randia aculeata - Tabebuia myrtifolia*
- Arbustal de Colubrina
  - Alianza de arbustal de *Colubrina elliptica*
    - Asociación: Arbustal de *Colubrina elliptica*

ROCA CON POCA VEGETACIÓN
- Pavimento de roca costero
  - Alianza de poca vegetación de *Rachicallis americana*
    - Asociación: Poca vegetación de *Rachicallis americana / Caribea littoralis*
- Arbustal abierto en salientes rocosas
  - Alianza de poca vegetación de *Melocactus harlowii*
    - Asociación: Poca vegetación de *Melocactus harlowii - Agave albescens*

Cuadro 1-1. Clasificación (parcial) de la vegetación de una EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999).

junto con sus elementos asociados de biodiversidad de especies. Los mapas de tipos de vegetación resultan ideales para este propósito.

La elaboración de mapas de vegetación involucra necesariamente la interpretación de imágenes de sensores remotos para caracterizar las unidades del terreno (Lillesand y Kiefer, 1994). Esta interpretación se lleva a cabo mediante la preclasificación de imágenes, un esfuerzo de verificación de campo y un proceso de clasificación y refinamiento de mapas, todo lo cual se describe en secciones subsiguientes.

Clasificación basada en imágenes

Una imagen de sensores remotos (fotografía aérea o imagen de satélite) contiene rasgos poligonales que representan áreas de distinta cobertura terrestre o vegetación. Por ejemplo, al observar una imagen de satélite o fotografía aérea a color, usualmente se pueden discernir áreas con una variedad de rasgos espectrales distintos. La delineación de estos rasgos en un mapa da como resultado un conjunto de polígonos, los cuales pueden luego clasificarse. Esta actividad se realiza durante el paso de la caracterización inicial del terreno y el resultado es un mapa de polígonos clasificados de manera preliminar, el cual por lo general se denomina "mapa de polígonos desconocidos" (figura 1-1). Estos polígonos en el mapa constituyen la clasificación basada en sensores remotos, la cual difiere de una clasificación de comunidades vegetales no cartografiadas. La clasificación de la vegetación puede distribuirse espacialmente (cartografiarse) asignando las diferentes unidades de vegetación descritas en el sistema de clasificación a los polígonos que resultan en la imagen y después verificando que las

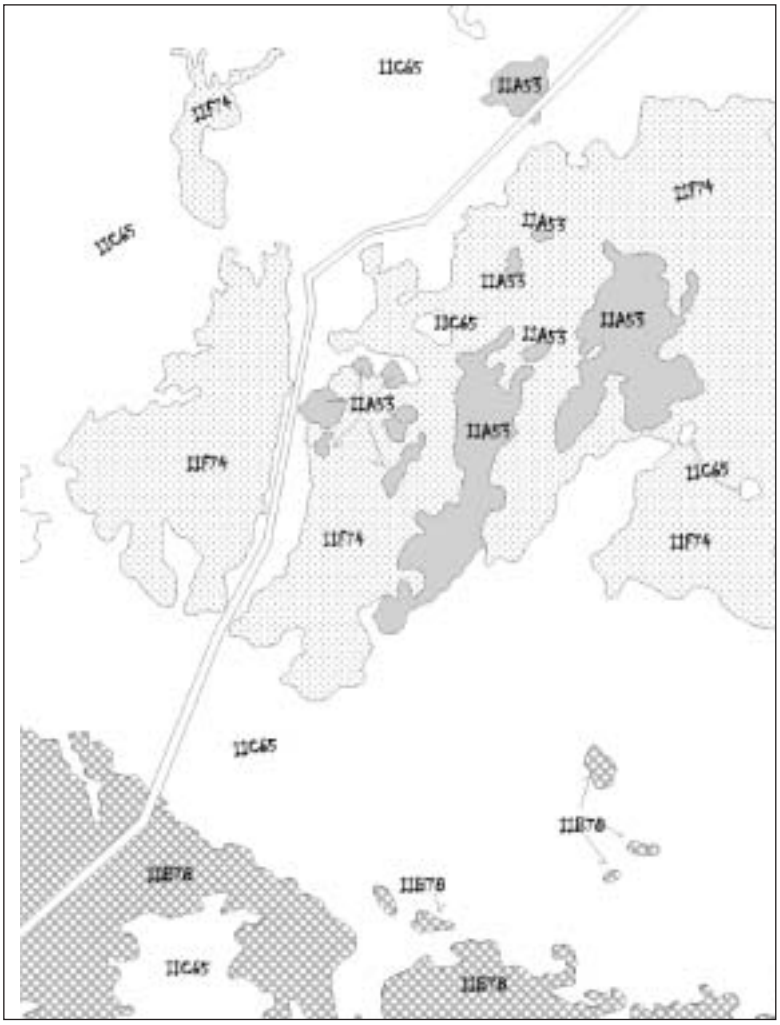


Figura 1-1. Un mapa de polígonos desconocidos proveniente de un análisis de la caracterización inicial del terreno. Los distintos tipos de vegetación se codifican con una etiqueta que puede contener información sobre la unidad de vegetación (ej., qué individuo, de qué clase de signatura espectral, en cuál región de muestreo) pero la identidad verdadera de los polígonos no se determina sino hasta realizar el muestreo y verificación de campo.

unidades de vegetación en una localidad particular en el terreno corresponden a la unidad que aparece en el mapa en la misma localidad (Lillesand y Kiefer, 1994).

Conciliación de los sistemas de clasificación

El trazado de un mapa de clasificación de la vegetación asignando tipos de vegetación previamente descritos a rasgos delineados a partir de la interpretación de imágenes, puede ser una tarea difícil que en ocasiones crea conflicto entre los ecólogos dedicados a la clasificación de vegetaciones y los especialistas en sensores remotos. Este conflicto ocurre porque (1) algunos tipos de vegetación descritos no pueden distinguirse en las imágenes y (2) los rasgos distinguibles en las fotografías aéreas e imágenes de satélite no siempre corresponden con los tipos de vegetación descritos. Por ejemplo, aunque un ecólogo puede distinguir un bosque de pinos (*Pinus*), un bosque de abetos (*Abies/Picea*) y un bosque de *Tsuga* como tres tipos de vegetación distintos, estos tipos pueden ser indistinguibles en una clasificación basada en sensores remotos, en la cual es posible que todos los tipos estén agrupados de manera singular como bosques de coníferas. Lo más probable es que el mapa que finalmente se produzca, que mostrará la distribución espacial de los tipos de vegetación, represente un compromiso entre la vegetación que puede identificarse en una imagen y los tipos de vegetación que se describen en una clasificación y que se verifican en el campo.

Debido a que las EER son rápidas, preliminares y no exhaustivas, queda fuera del alcance de una EER el predecir dónde deben existir las comunidades vegetales con base en el conocimiento de los factores abióticos que controlan su distribución. Desde el punto de vista de un manejo práctico y simple, es mucho más inteligente interpretar unidades de terreno únicas en imágenes y después tomar muestras de dichas unidades en el campo para determinar con certeza su identidad. Debido a las limitaciones de tiempo y presupuesto no todos los polígonos del mapa de polígonos desconocidos (ej., figura 1-1) se visitarán en el campo para su verificación. De nuevo, el producto final representará un compromiso entre los datos de sensores remotos y lo que puede verificarse en el campo. El método de elaboración de mapas de una EER es, esencialmente, una clasificación basada en sensores remotos y apoyada por el trabajo de campo.

El método de muestreo de campo

El muestreo de campo se efectúa en puntos localizados dentro de ejemplos preseleccionados de cada tipo de vegetación. Las localidades de muestreo no se determinan mediante estrategias de muestreo basadas en cuadrículas o transectos de gradientes ambientales. La selección de la unidades de vegetación que de hecho se van a muestrear se deriva de un estudio del mapa de polígonos desconocidos (ej., figura 1-1) producido durante la caracterización inicial del terreno. Este mapa contiene el conjunto de todas las unidades de vegetación (polígonos) en el área de estudio, del cual se escoge un subconjunto para la toma de muestras. Durante el trabajo de campo se llevan a cabo dos tipos de muestreos de vegetación: (1) muestreo de localidades en ciertos puntos con el fin de verificar el tipo de vegetación e identificar los grupos florísticos dominantes y (2) muestreo de parcelas en un subconjunto de estas localidades, con el fin de obtener información cuantitativa para estimación de la diversidad de plantas.

Las EER siempre incluyen el trazado de mapas de la distribución de tipos de vegetación en el área de estudio, lo cual requiere visitas de verificación de campo a muchos ejemplos de tales tipos de vegetación. Así, el equipo de vegetación determina la selección de unidades de muestreo de vegetación, las cuales incluirán ejemplos representativos de todos los tipos de vegetación que se encuentran en el área. El muestreo de fauna se realiza en todos los tipos de vegetación, pero típicamente en menos localidades réplica dentro de cada tipo debido a la complejidad de los métodos para inventario de animales (ej., trampas y redes de niebla). Además, es común que el equipo de fauna identifique localidades de muestreo adicionales que no necesariamente corresponden con las localidades determinadas por el equipo de vegetación para la verificación de campo. En estos casos el equipo de vegetación accede a muestrear también estas localidades “extra”.

En inventarios de plantas las localidades de muestreo son puntos cuyas coordenadas se geolocalizan con precisión mediante un receptor GPS. Se identifican las especies encontradas en un área de 20 metros a la redon-

da de dicho punto. Las parcelas establecidas en la localidad de muestreo para cuantificar la diversidad miden, por lo general, 20 x 20 metros (en bosque) o 10 x 10 metros (en matorral o pastizal).

Selección de localidades de muestreo

Las localidades de muestreo dentro de unidades de vegetación se seleccionan mediante inspección visual de la imagen y su correspondiente mapa de polígonos desconocidos; se basan en representatividad, valor biológico conocido o sospechado, accesibilidad, proximidad a otros terrenos diferentes, nivel de amenazas y disponibilidad de información.

Mientras que el inventario ecológico tradicional pone énfasis en el muestreo de campo altamente objetivo basado en localidades cuyos pares de coordenadas son elegidos al azar, en transectos o en cuadrículas de muestreo desplegadas sobre el área de estudio completa (Magurran, 1988; Heyer et al., 1994; Wilson et al., 1996; Kent y Coker, 1992), la EER remarca el muestreo dentro de tipos de vegetación. Por lo general, este muestreo se determina en base al acceso y eficiencia. Aunque se toman muestras réplica, el proceso de muestreo no está diseñado de manera estadísticamente rigurosa, como es el caso del inventario ecológico tradicional. El conocimiento de la historia de disturbios a gran escala en el área es también muy importante porque tales disturbios tienen influencia en la biota.

La distribución de tipos de vegetación y fauna

Las EER usan los tipos de vegetación como un esquema práctico para realizar inventarios de los taxa animales, pero la medida en que las distribuciones de animales están influenciadas por la organización espacial de la vegetación es altamente variable y es difícil caracterizarla con precisión. Por ejemplo, cierta fauna responde más a las variables estructurales en un bosque que a la composición de especies (MacArthur, 1964; Chadwick et al., 1986). Las EER no tienen el propósito de determinar rigurosamente las afinidades de grupos faunísticos en cuanto al hábitat que ocupan. Por lo contrario, las EER remarcan la localización de fauna en el tipo (o tipos) de vegetación en que estos grupos se encuentran. En una EER los tipos de vegetación se consideran como el esquema más útil biológicamente para hacer la descripción preliminar de las distribuciones de animales.

Por lo general, las plantas se distribuyen de acuerdo a la temperatura, precipitación y geomorfología (Holdridge, 1976; Austin, 1987; Austin y Smith, 1989). Además, los factores históricos tales como las barreras de dispersión y las interacciones entre especies del pasado y del presente también influencian las distribuciones de plantas (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Connell, 1980). Las condiciones locales microclimáticas y del ambiente físico pueden controlar la distribución de la vegetación aún a escalas submétricas. En algunos casos, la distribución de comunidades animales estará estrechamente ligada con la distribución de tipos de vegetación. La causa puede ser que estas comunidades animales están íntimamente asociadas con la vegetación y tal vez dependan de ella o simplemente puede ser que las comunidades animales estén distribuidas de acuerdo a variables de control ecológico y podrían estar igualmente presentes en una localidad con un tipo de vegetación completamente distinto.

La movilidad animal y los comportamientos estacionales y diurnos requieren de un esfuerzo de muestreo diferente al de vegetación, que ocurre una sola vez. Por esta y otras razones recomendamos (1) el muestreo preliminar de poblaciones animales dentro de las comunidades vegetales que se van a caracterizar en una EER y (2) el muestreo adicional que sea necesario (según lo permitan los recursos) para caracterizar la distribución espacial y temporal de cierta fauna. Las preferencias de hábitat de algunas especies son relativamente bien conocidas; esta información, si está disponible, debe usarse para refinar los métodos de muestreo de fauna. En los capítulos 5 (vegetación) y 6 (fauna) se proporciona información adicional sobre muestreo.

Intensidad del muestreo

La intensidad del muestreo depende de la cantidad de información que se desea y de los recursos que apoyan el trabajo de campo. Durante la fase de planificación inicial deben sostenerse discusiones acerca de la intensi-

dad de la toma de muestras. Es posible que haya restricciones de tiempo que limiten la habilidad de realizar muestreo de réplicas en ejemplos múltiples dentro de una misma comunidad vegetal. En general, existen dos tipos de métodos para muestreo de biodiversidad. La metodología de muestreo más popular y menos costosa de la EER consiste en caracterizar la vegetación y la distribución de ciertos taxa en un tiempo determinado mediante el trazado de mapas de tipos de vegetación y el registro de localizaciones de especies encontradas durante el trabajo de campo. El segundo tipo de muestreo apunta a la caracterización de abundancia de especies y, en este caso, el trabajo de campo incluye un componente estacional. La caracterización de abundancia de especies o abundancia relativa más frecuentemente se asocia con el trabajo estándar de inventario de especies y requiere de muestreo intensivo, lo cual está fuera del alcance de una EER típica.

El principio de muestreo se basa en la representatividad, con réplicas, en todos los distintos tipos de vegetación. Esto significa que todos los tipos de vegetación identificados a partir de la interpretación de imágenes deben visitarse y cada tipo debe muestrearse en múltiples localidades para poder capturar la variación dentro del mismo tipo de vegetación. Es necesario tomar muestras repetidas dentro de los tipos de vegetación para lograr confiabilidad en el mapa final de tipos de vegetación.

Es adecuado subdividir el área de estudio en distintas “regiones” de muestreo basadas en unidades ecológicas. Por ejemplo, las cuencas hidrológicas sirven bien como unidades de planificación espacial porque (1) es fácil delinearlas en un mapa, (2) son unidades de manejo perceptibles que sirven también para propósitos distintos a la conservación (ej., producción agrícola y abastecimiento de agua) y (3) son fáciles de reconocer en el terreno por los humanos. Las cuencas se han empleado con éxito como unidades de planificación espacial y de muestreo en las EER (FPSNSM, en prensa). Sin embargo, el establecimiento de regiones de muestreo en el área de estudio se basa más comúnmente en consideraciones prácticas tales como acceso, tamaño del área de estudio, presencia humana, urgencia de manejo y planificación logística. El énfasis en el muestreo por lo general está restringido a áreas naturales o con mínima alteración de origen humano. En el plan de muestreo se determina un número de polígonos específicos para visitación. El número y la localización de los polígonos a muestrear se determinan mediante el análisis del mapa de polígonos desconocidos. Las decisiones acerca de qué polígonos muestrear por lo general no se basan en un análisis estadístico, sino en una combinación de consideraciones y reglas prácticas.

En la práctica, el muestreo debe planificarse en áreas donde existe el máximo número de clases distintas en relativa proximidad, lo cual mejorará su eficiencia. La decisión sobre cuáles polígonos se van a muestrear es tomada mediante consenso de grupo y usualmente se basa primordialmente en los objetivos, restricción de recursos y accesibilidad. Típicamente, los polígonos grandes de fácil acceso serán elegidos para verificación de campo. Es probable que otros polígonos representativos de difícil acceso se verifiquen mediante un censo aéreo.

Independientemente de la intensidad de muestreo, todos los tipos de vegetación deben muestrearse. Durante el trabajo de campo típico para inventarios biológicos las localidades de muestreo se determinan estadísticamente y se localizan al azar. El muestreo en una EER raramente es estadísticamente riguroso, pero será tan completo como el acceso y los recursos lo permitan. Un plan de muestreo debe detallar las decisiones sobre qué polígonos se eligieron para el muestreo. Las técnicas que al final se decidan usar para muestrear plantas y animales variarán de acuerdo a los objetivos y presupuesto de la EER. En los capítulos 5 y 6 se proporcionan sugerencias para elegir los métodos de muestreo adecuados.

El plan de muestreo

El plan de muestreo es un documento que identifica las áreas que se van a muestrear durante las visitas de campo, designa los equipos responsables de conducir el trabajo de campo y establece un cronograma con horarios para las actividades de muestreo. El plan detalla la estrategia para muestrear el área de estudio completa, la cual con frecuencia se subdivide. La tabla 1-1 muestra un plan de muestreo para una EER en la región Chaco de Paraguay.

Tabla 1-1. Muestra de un plan modificado proveniente de una EER en el Parque Nacional Defensores del Chaco de Paraguay. Se identificaron tres regiones de muestreo y las localidades de muestreo (P. Obs.) se determinaron en ejemplos réplica de cada tipo de vegetación tentativamente identificado. Este plan se ha modificado; el original identificó muchas más de 44 localidades de muestreo.

	Método de muestreo en cada punto de observación								
Nombre del área de estudio	*Tipos de vegetación tentativos*	*P. Obs.*	*Fecha*	*Veg/flora*	*Fecha*	*Mamíferos*	*Aves*	*Anfibios*	*Reptiles*
Agua Dulce	Bosque de galería	1	12/8	Obs.	14/8	Transecto	Obs.	Transecto	Transecto
Agua Dulce	Bosque de galería	2	12/8	Obs.	14/8	Transecto	Redes	Parcela	Transecto
Agua Dulce	Bosque de galería	4	12/8	Obs.	14/8	Transecto		Transecto	Transecto
Agua Dulce	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*	6	11/8	Obs.	14/8	Transecto	Redes		
Agua Dulce	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	7	11/8	Obs.	14/8	Transecto	Obs.		
Agua Dulce	Bosque denso de *A. quebracho-blanco*	8	11/8	Obs.	14/8	Transecto			
Agua Dulce	Bosque alto de *A. quebracho-blanco*	10	11/8	Obs.					
Agua Dulce	Bosque alto de *A. quebracho-blanco*	11	11/8	Parcela					
Agua Dulce	Sabana de palmas	12	13/8	Parcela			Obs.		
Agua Dulce	Quebrachal alto	13	13/8	Obs.					
Agua Dulce	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	14	13/8	Obs.					
Cerro León	Bosque denso de *A. quebracho-blanco*	15	14/9	Obs.	15/9	Transecto	Obs.	Transecto	Transecto
Cerro León	Bosque denso de *A. quebracho-blanco*	16	14/9	Obs.	15/9	Transecto		Parcela	Transecto
Cerro León	Bosque abierto *A. quebracho-blanco*	17	14/9	Parcela	15/9	Transecto			
Cerro León	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*	18	14/9	Obs.	15/9	Transecto	Obs.		
Cerro León	Bosque de transición de *A. quebracho-blanco / C. multiform*	19	14/9	Obs.	17/9	Transecto			
Cerro León	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	20	14/9	Parcela	17/9	Transecto			
Cerro León	Bosque de transición de *A. quebracho-blanco / C. multiform*	21	14/9	Obs.	17/9	Transecto			
Cerro León	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	22	13/9	Obs.	17/9	Transecto			
Cerro León	Sabana de *Elionurus muticus*	23	13/9	Obs.	17/9	Transecto	Obs.		
Cerro León	Sabana de *E. muticus*	24	13/9	Parcela	17/9	Transecto			
Cerro León	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	25	13/9	Obs.					
Cerro León	Bosque ribereño de *C. multiflorum*	26	13/9	Obs.					
Cerro León	Bosque abierto de *A. quebracho-blanco*	27	13/9	Obs.					
Cerro León	Transición de bosque oriental alto a bosque de *A. quebracho-blanco* forest	28	16/9	Obs.					
Cerro León	Vegetación de planicie	29	16/9	Obs.					
Cerro León	Vegetación de planicie	30	16/9	Parcela					
Cerro León	Bosque de ladera	31	16/9	Obs.					
Cerro León	Bosque de ladera	32	16/9	Parcela	16/8	Transecto	Obs.	Transecto	Transecto
Cerro León	Bosque de pie de montaña	33	16/9	Obs.					
Cerro León	Bosque de pie de montaña	34	16/9	Parcela					
La Jerenza	Bosque abierto de *A. Pyrifolium*	35	1/9	Obs.			Obs.		
La Jerenza	Bosque abierto de *A. Pyrifolium*	36	1/9	Obs.	1-6/9	Transecto			
La Jerenza	Sabana de *E. muticus*	37	1/9	Obs.	1-6/9	Transecto			
La Jerenza	Bosque denso de *A. pyrifolium*	38	1/9	Obs.	1-6/9	Transecto			
La Jerenza	Bosque denso de *A. pyrifolium*	39	1/9	Obs.					
La Jerenza	Bosque abierto de *A. Pyrifolium*	41	3/9	Obs.					
La Jerenza	Bosque denso de *A. pyrifolium*	43	3/9	Obs.	1-6/9	Transecto			
La Jerenza	Sabana de *E. muticus*	44	3/9	Obs.	7-9/9	Transecto			

Referencias bibliográficas

Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach, y R. E. Witmer. 1976. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. U.S. Geological Survey Professional Paper 964. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Austin, M. P. 1987. Models for the analysis of species response to environmental gradients. *Vegetatio*. 69:35-45.

Austin, M. P., y T. M. Smith. 1989. A new model for the continuum concept. *Vegetatio*. 83:35-47.

Chadwick, N. L., D. R. Progulske, y J. T. Finn. 1986. Effect of fuelwood cutting on birds in Massachusetts hardwood forests. *Journal of Wildlife Management* 50:398-405.

Connell, J. H. 1980. Diversity and the co-evolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos* 35:131-138.

FGDC (Federal Geographic Data Committee). 1996. *Vegetation Classification and Information Standards.* Reston, Va.: FGDC Secretariat.

FPSNSM (Fundación Pro Sierra Nevada de Santa Marta). En prensa. *Evaluación Ecológica Rápida: Definición de Areas Críticas para Conservación en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia*.

Grossman, D. H., D. Faber-Langendoen, A. S. Weakley, M. Anderson, P. Bourgeron, R. Craword, K. Goodin, S. Landaal, K. Metzler, K. Patterson, M. Pyne, M. Reid, y L. Sneddon. 1998. *International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States.* Vol. 1. The National Vegetation Classification System: Development, Status, and Applications. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L. C. Hayek, y M. S. Foster, eds. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians.* Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.

Kent, M., y P. Coker. 1992. *Vegetation Description and Analysis.* Ann Arbor, Mich.: CRC Press.

Lillesand, T. M., y R.W. Kiefer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons.

MacArthur, R. H. 1964. Environmental factors affecting bird species diversity. *American Naturalist* 98:387-397.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Mueller-Dombois, D., y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley and Sons.

Sedaghatkish, G., y E. Roca. 1999. *Rapid Ecological Assessment: U.S. Naval Station Guantanamo Bay, Cuba.* Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster. 1996. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals.* Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Capítulo 2

Planificación cuidadosa: una clave para el éxito

Roger Sayre y Ellen Roca

La planificación cuidadosa es la parte más importante del proceso de la EER. Una EER bien planificada será más fácil de implementar y coordinar y resultará menos costosa. Los beneficios de una EER para la conservación serán proporcionales a la cantidad de planificación cuidadosa invertida desde el inicio. Este capítulo describe las dimensiones de planificación de las EER. Empezaremos por discutir la necesidad de llevar a cabo una EER, la formulación de objetivos y la determinación del alcance disciplinario de una EER. Luego, describiremos el equipo de la EER y cómo éste participa en los talleres de planificación y capacitación y en el trabajo de campo. Finalmente, concluiremos con una breve discusión acerca de consideraciones de seguridad.

Cómo evaluar la necesidad de realizar una EER

La necesidad de una EER depende de la cantidad de información ya disponible para el área bajo consideración y la urgencia de obtener nueva información acerca de sus hábitats y distribución de especies. Una EER siempre genera información con aplicación específica y la necesidad de una EER se establece cuando existe un consenso claro acerca de la necesidad de información. Las áreas para las cuales ya existe considerable información sobre la biodiversidad no son, por lo general, buenas candidatas. Las EER generan información detallada, pero básica, acerca de la distribución de la biodiversidad en un terreno particular; si es evidente el conocimiento general de tal biodiversidad (ej., las clases de tipos de cobertura han sido descritas y cartografiadas y se han desarrollado listados de especies), no es apropiado conducir una EER. Si la información existente se considera de alta calidad, sin controversias y generalmente actualizada, no se aconseja ejecutar una EER. Las EER no son adecuadas para mejoras marginales o actualizaciones de información existente acerca de la biodiversidad, porque las especies raras y hábitats que hacen falta en los listados existentes pueden permanecer aún sin detectarse durante una EER.

Las áreas marginalmente estudiadas o que carecen por completo de un estudio son más apropiadas para una EER, especialmente cuando una falta general de información sobre la biodiversidad imposibilita la buena planificación para la conservación. Las áreas que son buenos prospectos por lo general son extensas, poco comprendidas y altamente amenazadas.

Formulación de objetivos

La formulación de objetivos sólidos, medibles, realistas, alcanzables y oportunos es el paso más crítico del proceso de planificación y debe ocurrir antes de cualquier esfuerzo de capacitación o muestreo. Los objetivos se convierten en el criterio base para todas las actividades y canalización de recursos futuros. Cualquier actividad que no contribuya a la satisfacción de los objetivos, debe eliminarse. Por lo general, la institución que inicialmente determina la necesidad de una EER formula los objetivos preliminares. Esta institución generalmente actúa como promotor y ejecutor principal de la EER. Sin embargo, ocasionalmente son los gobiernos quienes establecen la necesidad de una EER, desarrollan los objetivos correspondientes y actúan como responsable primario. De preferencia, los objetivos deben formularse mediante consenso de grupo entre los oficiales del gobierno, la agencia responsable y los intereses locales.

Para ilustrar la variedad y "sabor" general de los objetivos de EER realizadas hasta la fecha, presentamos a continuación una lista parcial de objetivos tal como aparecen en documentos de planificación e informe de algunas EER:

- Proporcionar información para la identificación de regiones ecológicas importantes.
- Caracterizar los tipos de vegetación del parque.
- Generar información acerca de los recursos terrestres y marinos, amenazas y usos potenciales del parque para su manejo.
- Capacitación del personal en el uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas para el trazado de mapas de hábitats terrestres y marinos.
- Identificar y evaluar las amenazas a los sistemas naturales y diseñar un programa de monitoreo.
- Conducir un estudio espeleológico de las cuevas del parque y producir recomendaciones para su manejo.
- Desarrollar una clasificación de comunidades naturales e inventario del área de estudio.
- Generar datos básicos para actividades de monitoreo en el parque.
- Mejorar la capacidad para el manejo de datos del Centro de Datos para la Conservación.
- Generar datos biológicos y ecológicos para desarrollar un plan de manejo inicial y una matriz de análisis de amenazas.
- Producir un mapa que muestre las comunidades vegetales, hidrografía, caminos, actividades de desarrollo y áreas especiales de conservación.
- Obtener y proporcionar datos para un archivo compatible con formatos de la base de datos nacional.
- Documentar y evaluar el estado y distribución de los recursos marinos y terrestres de la isla y presentar recomendaciones de manejo para la conservación.
- Recomendar acciones prioritarias para el manejo, desarrollo y conservación de la cuenca hidrológica.
- Crear mapas de la flora y fauna del parque a nivel de comunidad vegetal.
- Identificar especies que estén amenazadas y/o en peligro de extinción.
- Definir nuevos límites para el parque, basados en criterios ecológicos.
- Conducir una caracterización biofísica comprensiva del Corredor.
- Fomentar relaciones de cooperación entre socios conservacionistas para el inventario, manejo, análisis y aplicación de datos ecológicos y de conservación.
- Desarrollar conjuntos de datos preliminares para su uso futuro en inventarios más detallados y en caracterizaciones ecológicas.
- Caracterizar las comunidades naturales, proveer descripciones incluyendo especies clave y evaluar su importancia para la conservación.
- Estudiar los patrones espaciales de comunidades bénticas, incluyendo los manglares que las rodean, y describir los disturbios naturales y antropogénicos a estas comunidades.

Como esto lo demuestra, las EER pueden tener una amplia variedad de objetivos. El poder de estos objetivos debe evaluarse mediante la consideración de las siguientes preguntas:

- ¿Está el objetivo enfocado a la biodiversidad y tiene relevancia para la situación que se enfrenta?
- ¿Es el objetivo realista y se puede realizar?
- ¿Es el objetivo medible?
- ¿Es el objetivo oportuno?

Los buenos objetivos tienen las cualidades que se mencionan arriba. El tiempo que se emplea para esbozar, revisar y refinar los objetivos siempre rinde frutos; la claridad de los objetivos puede ayudar a prevenir retrasos no deseados en la planificación, realización y análisis subsiguientes.

Una vez que se han formulado, los objetivos deben difundirse ampliamente en la región hacia un público que incluya a todas las partes interesadas. Las EER nunca deben conducirse en forma "secreta". Debe tomarse todo el esfuerzo necesario para informar a los interesados locales y oficiales del gobierno acerca del estudio, incluso si los individuos que representan a estos grupos contribuyeron a la formulación de los objetivos. El formato para difundir estas metas y objetivos puede incluir talleres comunitarios y presentaciones a través de medios de comunicación. Cuando localmente se comprende la naturaleza de la EER y hay un consenso acerca de su utilidad, el proceso puede resultar más sencillo.

Determinación del alcance

El alcance disciplinario de una EER terrestre se refiere generalmente al nivel de clasificación del terreno y número de grupos taxonómicos que serán evaluados. Un alcance disciplinario típico para una EER puede incluir comunidades vegetales, plantas vasculares, mamíferos, aves, reptiles y anfibios. En ocasiones se incluyen taxa adicionales.

Al final, son los objetivos los que determinarán qué grupos taxonómicos serán incluidos. Las EER por lo general se ven restringidas por los recursos disponibles, por lo tanto, los taxa estudiados son los más visibles, los de más fácil inclusión en el inventario y los que mejor se conocen. La sugerencia de limitar la representación taxonómica a estos taxa mejor conocidos (plantas, animales, aves, reptiles y anfibios) se basa en consideraciones prácticas y financieras y no implica una mayor importancia ecológica. De hecho, una caracterización de la diversidad de insectos contribuiría sustancialmente a mejorar el conocimiento de las dinámicas ecológicas. Alentamos una mayor representación taxonómica para casos donde se cuenta con habilidad científica y recursos financieros y donde el muestreo de estos organismos puede integrarse al plan general de trabajo.

La mayoría de las EER realizadas hasta la fecha se han limitado a los taxa bien conocidos. El alcance disciplinario de la EER debe establecerse en etapas tempranas del proceso. En algunos casos el límite del alcance queda establecido por la disponibilidad de expertos científicos. Los taxa elegidos para la investigación deben mencionarse tanto en los objetivos de la EER como en toda descripción oficial del alcance del trabajo.

Temas de organización

Existen tres aspectos de organización importantes en el proceso de planificación: financiamiento, formación de equipos y clarificación de roles en los acuerdos de la EER. Las tres secciones siguientes abordan estos aspectos.

Solicitud de Fondos

Las opciones de apoyo financiero para las EER incluyen bancos de desarrollo, gobiernos internacionales, agencias de desarrollo internacional, organizaciones internacionales para la conservación, fundaciones, corporaciones, agencias militares propietarias de terrenos, e individuos. Debe tratarse a toda costa de asegurar fondos durante la fase inicial de planificación y contactar a tantos donantes potenciales como sea posible. La propues-

ta de solicitud de fondos debe ser sucinta (dos o tres páginas) y contener metas claras y usos específicos para los fondos solicitados. Debe incluir, de ser posible, una lista de los productos esperados y expresar claramente que se dará reconocimiento al apoyo financiero en la documentación del proyecto. Debe adaptarse a los intereses del donante y el contenido técnico de la propuesta debe reflejar la tendencia técnica de dicho donante. Se alientan las reuniones en persona después de que el donante recibe la propuesta.

Además, la propuesta debe contener una sección realista acerca del presupuesto, el cual se determina de acuerdo a los requerimientos de salario, gastos operativos, costos de materiales, adquisición y procesamiento de imágenes, sobrevuelos, gastos de transporte internacional, gastos institucionales generales, etc. Si no se puede obtener la cantidad completa requerida para la EER, debe reevaluarse y reducirse su alcance.

Integración del equipo

El equipo de una EER es el grupo de individuos oficialmente responsables de llevar a cabo la EER. Este equipo incluirá a científicos a cargo de generar resultados y administradores a cargo del manejo del proceso. Este equipo, en forma colectiva, es el responsable primario de la EER. Puede variar en número de unos cuantos a muchos y puede representar una o más instituciones colaboradoras. Es común contar con equipos multidisciplinarios y multi-institucionales, ya que una sola institución raramente puede proporcionar toda la coordinación, apoyo técnico y financiamiento necesarios para conducir una EER.

El número de especialistas en distintas disciplinas depende de los objetivos y recursos disponibles, pero como regla general, cada grupo taxonómico bajo estudio debe contar con un especialista y un asistente. El equipo de la EER debe limitarse a un grupo manejable, que no exceda veinte o treinta individuos. El equipo núcleo para el estudio de tipos de vegetación, plantas, mamíferos, aves y reptiles y anfibios, estaría formado por diez científicos (cinco grupos de estudio, dos individuos por grupo). El número de miembros del equipo aumenta al incluir a los cartógrafos, administradores de datos, especialistas en logística, guías, guardaparques, científicos invitados y otros.

Acuerdos en la EER

La participación y roles de instituciones e individuos en la EER debe detallarse claramente en un acuerdo por escrito, firmado y con poder legal entre aquéllos que costean o coordinan la EER y aquéllos que realizan el trabajo. Muchos tipos de documentos pueden servir para esta función, incluyendo Convenios, Acuerdos, Alcances del Trabajo, Términos de Referencia y Contratos, todos los cuales son formulados por los administradores de la EER. Estos documentos deben ser tan detallados como sea posible y contener expectativas de trabajo específicas, fechas límite, productos esperados y descripciones de desembolsos financieros. En el apéndice 3 se presenta un acuerdo general de Alcance del Trabajo.

Liderazgo y comunicación

El fuerte liderazgo y la comunicación efectiva son críticos para el éxito de cualquier EER. Debe identificarse a los líderes en una etapa temprana del proceso de planificación. Las estrategias de comunicación explícitas serán de gran ayuda para facilitar todo esfuerzo durante la EER.

Roles de liderazgo

Usualmente, la agencia responsable de ejecutar el proyecto designa a un Líder de Proyecto general, así como a un Coordinador de Logística y a un Director Técnico o Científico en Jefe. Las EER son difíciles de orquestar y requieren la separación de las funciones de administración y científicas. La combinación de estas funciones en el mismo individuo con frecuencia se percibe como una manera de esquivar las restricciones de recursos, pero tal combinación no se recomienda. Será desafiante para una persona a cargo de los detalles logísticos y administrativos de una EER hacer al mismo tiempo una contribución científica significativa.

El Líder de Proyecto proporciona la coordinación principal. El Científico en Jefe es responsable de la integridad científica de la iniciativa y es designado por el Líder de Proyecto, aunque tal designación puede resultar del consenso entre todos los científicos participantes. El Coordinador de Logística tiene la responsabilidad de las consideraciones operativas, un papel que requiere de habilidades sólidas de liderazgo y coordinación logística. Esta persona, a su vez, es quien comúnmente organiza las expediciones de campo.

El equipo de campo por lo general incluye también a los guías y otro personal. Estos individuos se seleccionan por sus conocimientos sobre el área; se recomienda contratar a habitantes de la localidad.

Canales de comunicación

La planificación y ejecución exitosas de una EER necesariamente involucran intensa y compleja comunicación entre todos los participantes. Cada institución que juega un papel sustancial en la EER debe designar a una persona como punto de contacto. Para facilitar comunicación y evitar los problemas que resultan de comunicaciones fallidas o erróneamente dirigidas, toda comunicación inter-institucional debe canalizarse a través de estas personas. Se debe informar a todos los participantes de la EER que estos canales de comunicación existen y que deben hacer todo lo posible por respetarlos. La canalización de información en esta forma tiende a eliminar comunicaciones duplicadas, erróneas, incompletas o desviadas, todo lo cual tiende a reducir la eficacia y calidad del trabajo.

Costos y tiempo

Es importante considerar los costos y el tiempo necesario para completar una EER. Con frecuencia, la decisión de llevar adelante una EER está fuertemente influenciada por las inversiones de tiempo y dinero que se perciben.

Costos

Los costos de una EER incluyen gastos de salarios, compra de material e imágenes, gastos de viaje (tanto en el interior como al extranjero), gastos de talleres, contratos y costos de publicación y difusión. El costo final de una EER varía según el alcance de la iniciativa, el nivel de detalle requerido y el tamaño del área bajo estudio, pero como regla general una EER terrestre cuesta entre US$75,000 y US$250,000. Cualquier consideración relacionada con temporadas del año tiende a extender la duración y, por lo tanto, los costos de una EER. Las EER con requerimientos mínimos de muestreo de campo son, obviamente, más económicas que las iniciativas con un fuerte componente de muestreo. Los análisis a nivel de filtro grueso, basados en imágenes y enfocados a la caracterización del terreno con poco trabajo de verificación de campo, serán sustancialmente menos costosos que aquéllos a nivel de filtro fino, basados en trabajo de campo y orientados al nivel de especie.

Cualquier EER que incorpora el proceso esbozado anteriormente y con un presupuesto de menos de US$30,000. probablemente no cuenta con fondos suficientes. Por ejemplo, solamente la misión de toma de fotografías aéreas puede costar entre US$20,000 y US$120,000. El colaborador que funge como responsable principal debe contar con fondos suficientes disponibles u oficialmente aprobados antes de comenzar cualquier actividad que acumule gastos.

Los costos de una EER en términos de tiempo son sustanciales y, por lo tanto, es muy importante tomarlos en cuenta. Las EER tienden a dominar los planes de trabajo tanto de individuos como instituciones, especialmente los de la institución responsable, por periodos de un año o mayores. Algunas veces las instituciones participantes contribuyen con costos de salario si la EER cumple una meta o misión institucional, pero esto no es frecuente. El compromiso de realizar una EER debe basarse siempre en una evaluación de las prioridades institucionales de conservación, no en la percepción de la oportunidad de ganancia financiera. Con frecuencia, el costo de una EER se subestima, lo cual hace necesario una cantidad considerable de voluntariado. Por otro lado, una EER de alcance bien definido, con financiamiento adecuado y cuidadosamente administrada puede

también representar una fuente significativa de ingresos para una institución, principalmente en forma de apoyo a salarios y compra de tecnologías para elaboración de mapas por computadora.

En la medida de lo posible, los miembros del equipo de una EER deben ser compensados por su trabajo. El nivel de compensación debe estar conmensurado con los niveles de salario profesional locales y no deben representar los desproporcionadamente altos ingresos salariales de las firmas consultoras internacionales. Reconocemos que la compensación no siempre es posible o que a veces no es posible para todos los participantes. El Líder de Proyecto es quien toma la decisión sobre qué personas deben recibir compensación. Las personas que toman tiempo libre de sus empleos regulares en otras instituciones con el fin de participar en una EER, deben buscar la autorización adecuada para dejar sus actividades normales.

La duración de una EER

En comparación con un estudio biológico más exhaustivo tradicional, una EER es rápida. Sin embargo, sólo unas pocas EER se han iniciado y completado en menos de un año. Por lo general, los diez pasos del proceso de una EER, ejecutados durante el curso de un año corresponden al siguiente calendario trimestral:

Meses 1-3
Conceptualización
Planificación inicial

Meses 4-6
Caracterización inicial del terreno
Taller de planificación
Taller de capacitación

Meses 7-9
Implementación del trabajo de campo

Meses 10-12
Generación de informes individuales
Integración y síntesis
Informe final y elaboración de mapas
Publicación y difusión

Esta cronología aproximada es ideal y no toma en cuenta ni las estaciones ni retraso alguno en cualquiera de los pasos, los cuales aumentarán la duración de la EER. El trabajo de campo generalmente se inicia inmediatamente después de los talleres, pero la estación del año y el clima pueden retrasarlo. Los retrasos durante el trabajo en el campo a veces ocurren debido a la dificultad para movilizar a equipos multidisciplinarios. También pueden ocurrir retrasos durante el paso de integración y síntesis, donde puede resultar considerablemente difícil encontrar a la persona adecuada para el trabajo, organizar en un solo lugar todos los informes individuales y revisar y sintetizar los descubrimientos relevantes de cada informe en un solo informe coherente. Si la EER incluye un componente de estacionalidad, el tiempo que se requiere para finalizarla excederá a un año.

Talleres

Dos talleres—uno de planificación y otro de capacitación—constituyen un aspecto importante de la metodología para la EER. Estos talleres generalmente se combinan en una sesión de desarrollo estratégico de colaboración y multi-institucional.

El taller de planificación

El taller de planificación para una EER es una reunión de cuatro a cinco días de duración, donde todos los colaboradores identifican grupos de trabajo y líderes de grupo, formulan una y otra vez los objetivos, desarrollan un plan de trabajo y asignan tareas a individuos responsables. Toda EER debe incorporar un taller de planificación antes de iniciar el trabajo de campo o el análisis sustancial de la información. De ser posible, este taller debe realizarse en el lugar propio de la EER en un local capaz de albergar grupos numerosos. El taller de planificación con frecuencia se combina con una sesión de capacitación técnica, pero usualmente se requieren cuatro días de planificación para construir la visión de una EER.

Debe invitarse al taller a todos los individuos de las instituciones responsables principales, así como a un número limitado de personas interesadas de la región. Estas últimas pueden invitarse en calidad de "observadores" (sin cubrir sus gastos), dependiendo de su interés y necesidad de participar en la EER.

Una agenda funcional debe estructurarse de la siguiente manera:

Día 1:
- Introducción al concepto de la EER
- Presentación de algunas EER como estudios de caso modelo
- Presentación acerca del estado de conocimiento sobre el área
- Declaración y discusión de los objetivos de la EER

Día 2:
- Introducción al concepto de grupos de trabajo (ej., ecología vegetal o botánica, zoología, cartografía y administración o nivel ejecutivo)
- División en grupos de trabajo
- Desarrollo de la estrategia de grupos de trabajo, que incluye:
  - Designación de los líderes de grupo
  - Designación del redactor de informes
  - Objetivos
  - Actividades
  - Manejo de datos y procesamiento de especímenes de museo
  - Personas responsables
  - Fechas límite
  - Productos

Día 3:
- Presentación de estrategias por los grupos de trabajo
- Discusión y conciliación de calendarios
- Desarrollo de un plan de trabajo preliminar que incorpore las estrategias individuales

Día 4:
- Presentación del plan de trabajo escrito
- Discusión acerca del plan de trabajo
- Desarrollo de un calendario maestro de actividades
- Acuerdo mediante firmas

El producto principal del taller de planificación es un plan de trabajo, que contiene la asignación definitiva de tareas y responsabilidades, así como las fechas límite para completar dichas tareas. El cuadro 2-1 presenta un plan de trabajo hipotético para una EER en la cual se recalca el trazado de mapas de las comunidades vegetales. El plan de trabajo lleva la firma de todos los participantes, manifestando su compromiso al proyecto.

1. Introducción

Este plan de trabajo describe un esfuerzo conjunto entre varias instituciones conservacionistas gubernamentales y privadas para desarrollar, elaborar mapas y verificar una clasificación de comunidades vegetales terrestres para [nombre del lugar].

El plan de trabajo se desarrolló principalmente a partir de discusiones llevadas a cabo durante una reunión para la planificación del proyecto. El financiamiento para el proyecto será proporcionado por [*institución de apoyo financiero*] y recibido por [*institución a cargo de realizar el proyecto*].

2. Objetivos

Los objetivos de esta colaboración son: desarrollar, elaborar mapas y verificar en el campo una clasificación de comunidades vegetales terrestres con el fin de mejorar la planificación y manejo para la conservación.

3. Descripción y protocolos del proyecto

La necesidad de contar con una clasificación y mapa de comunidades vegetales en una escala adecuada ha sido identificada como prioridad por diversas instituciones interesadas en la conservación de la biodiversidad de [*nombre del lugar*]. Este proyecto tendrá como énfasis la caracterización y cartografía de los hábitats e involucrará el muestreo a nivel de especie para los siguientes taxa: mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces.

Ya se realizó un estudio sobre planificación del uso de la tierra y en el taller de planificación se tomó la decisión de utilizar este estrato de información como punto de partida. Los expertos en vegetación expresaron su apoyo a dos marcos de clasificación: (1) una jerarquía de cobertura de la tierra basada en la estructura de la vegetación y desarrollada por un consejo de asesoría científica y (2) una clasificación de la vegetación desarrollada por [*nombre*]. Se decidió que estas dos clasificaciones podrían vincularse fácilmente. Se elaborará una clasificación estándar de comunidades vegetales a partir de la revisión y modificación de estos esquemas de clasificación existentes. Esta nueva clasificación reflejará tanto la estructura como la composición vegetal. Será de naturaleza jerárquica, describiendo formaciones vegetales generales en los niveles superiores de la jerarquía y asociaciones detalladas de especies en los niveles jerárquicos más bajos.

Los científicos en vegetación y un fotointerpretador estudiarán las fotografías aéreas con el propósito de trazar un mapa de comunidades vegetales. Para tal fin se utilizarán fotografías en blanco y negro (*fecha/escala*) e infrarrojas (*fecha/escala*). La fuente de datos primaria para la fotointerpretación serán las fotografías en blanco y negro, las cuáles están disponibles para [*nombre del área*] tanto en formato de cinta como digital (mediante escáner). Las comunidades vegetales delineadas a partir de la fotointerpretación serán transferidas a un mapa base en la misma escala que las fotos. Los polígonos de comunidades vegetales serán digitalizados a un SIG para su análisis, refinamiento y para la elaboración de un mapa preliminar de comunidades vegetales.

Se elegirán las fechas para las excursiones al campo con la meta de verificar el mapa preliminar. Todas las observaciones de campo serán georreferenciadas con precisión empleando localizaciones GPS corregidas diferencialmente. Las revisiones identificadas durante el trabajo de campo serán incorporadas a los mapas finales. Algunos de los productos obtenidos mediante este proyecto conjunto serán los siguientes:

Clasificación y descripción de las comunidades vegetales
Listados de flora y fauna por tipo de comunidad vegetal
Caracterización de especies de importancia para la conservación
Mapas de distribución de comunidades vegetales
Informe final
Capas de datos SIG

Cuadro 2-1. Ejemplo de un plan de trabajo para una EER. Un plan de trabajo detalla los roles y responsabilidades de los individuos y equipos que participan en una EER y establece las bases y expectativas para el trabajo en conjunto.

4. Instituciones participantes

5. Administración del proyecto

El proyecto será administrado por [*institución administradora*] bajo la dirección de [*director del proyecto*]. [*El gerente del proyecto*] estará a cargo del manejo del proyecto de [*institución responsable*]. Se ha conformado un consejo asesor que consta de un miembro de cada institución representada en el acuerdo de colaboración. Este consejo aprobará la calidad científica del trabajo realizado durante esta iniciativa.

6. Actividades específicas y distribución del trabajo

Paso 1: Refinamiento de la clasificación y elaboración de las signaturas ejemplo para cada tipo de vegetación.

Los científicos en vegetación proporcionarán un documento que detalla el sistema de clasificación obtenido después de vincular las clasificaciones existentes. Este documento contendrá descripciones por escrito de las comunidades conocidas o probables y sentará las bases para el trabajo de fotointerpretación. Este trabajo debe efectuarse una sola vez y con un intenso nivel de colaboración inicial entre los botánicos y el fotointerpretador. Después de llegar a un consenso del sistema de clasificación, los botánicos deberán localizar cada comunidad en una foto, la cual representará el "ejemplo típico" de dicha comunidad. Enseguida los botánicos, con ayuda del fotointerpretador, describirán los ejemplos típicos y practicarán la delineación de comunidades. El comité científico debe también revisar y aprobar la clasificación a que se llegó por consenso. Personas responsables: [*nombres*].

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 2: Fotointerpretación.

La clasificación finalizada se proporcionará a la persona a cargo de la fotointerpretación quien trabajó con los botánicos. Enseguida esta persona interpretará todas los fotos usando cubiertas de acetato y plumas rapidográficas *000*. El trabajo preliminar dará como resultado una unidad mínima de mapeo (MMU) que deberá ser aprobada por el comité científico. Persona responsable: [*nombre*].

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 3: Transferencia de los polígonos a un mapa base.

El encargado de la fotointerpretación enviará todas los fotografías interpretadas y sus cubiertas a [*institución*], en donde los polígonos se transferirán a un mapa base impreso en la misma escala que las fotos. Posteriormente este mapa base con polígonos se enviará a los botánicos para su revisión. Persona responsable: [*nombre*].

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 4: Revisión de la fotointerpretación.

El encargado de la fotointerpretación enviará todas los fotografías interpretadas y sus cubiertas a los botánicos para que ellos hagan revisiones y correcciones. Los botánicos editarán los mapas y enviarán las correcciones a [*institución*]. Personas responsables: Equipo botánico.

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 5: Elaboración del mapa preliminar de la vegetación de [*nombre del área*].

La [*institución*] producirá un mapa preliminar de la vegetación. Persona responsable: [*nombre*].

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Cuadro 2-1. (*continuación*)

Paso 6: Desarrollo del plan de muestreo.

El equipo de verificación de campo estudiará el mapa preliminar de las comunidades vegetales y creará un plan de muestreo. Se visitarán ejemplos replicados de todas las comunidades vegetales que aparecen en el mapa. Las comunidades relativamente desconocidas serán objeto de un muestreo más intenso. Personas responsables: Equipo de Verificación de Campo.

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 7: Verificación de campo.

Personas responsables: Equipo de Verificación de Campo.

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 8: Refinamiento y elaboración del mapa final de la vegetación.

El refinamiento del mapa de comunidades vegetales se hará con base en los resultados del trabajo de campo. Persona responsable: [*nombre*].

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Paso 9: Evaluaciones a nivel de especie.

Se evaluará la biodiversidad faunística de todas las comunidades vegetales mediante muestreos sistemáticos a un nivel apropiado. Se usarán dos métodos para definir las características de la biodiversidad a nivel de especie en las comunidades vegetales representadas en el mapa: (1) creación de listados de especies para cada comunidad usando información existente y (2) ejercicios de muestreo iniciados dentro del contexto de este proyecto. Los especialistas en cada disciplina determinarán dónde, cómo y qué tipo de información debe obtenerse. Los protocolos de muestreo para cada taxon se desarrollarán anticipadamente.

Fecha de iniciación: *xx/xx/xx*

Fecha de terminación: *xx/xx/xx*

Requisitos:

- Determinar los grupos taxonómicos a estudiar.
- Identificar quiénes formarán el equipo de zoología.
- Compilar y evaluar la información existente acerca de la composición de especies en cada tipo de comunidad vegetal descrito.
- Desarrollar un plan de muestreo zoológico.
- Iniciar el trabajo de campo.
- Definir los resultados esperados.
- Escribir informes sobre cada grupo taxonómico.

Paso 10: Realizar un análisis de amenazas a la biodiversidad.

Personas responsables: Expertos en cada disciplina.

Paso 11: Capturar toda la información generada en el campo en un Sistema de Manejo de Bases de Datos.

Personas responsables: [*nombres*].

Paso 12: Escribir el informe final sobre la clasificación y mapa de comunidades vegetales.

Este informe incluirá también una síntesis de los resultados del análisis taxonómico, del análisis de amenazas y de las recomendaciones de manejo. Persona responsable: [*nombre*].

7. Acuerdo de colaboración

8. Firmas

Cuadro 2-1. (*continuación*)

Este plan no representa una obligación contractual, pero es una firme declaración de la intención de colaborar en una iniciativa de conservación multifacética y multi-institucional.

Durante el taller de planificación también se desarrollan los planes de muestreo (capítulo 1), los cuales indican el número y localización de las unidades de vegetación (polígonos) que se van a muestrear. El plan de muestreo representa un compromiso por parte del equipo de la EER de realizar el muestreo a un nivel de intensidad predeterminado y de documentar los resultados de ese trabajo de campo de acuerdo a las fechas límite acordadas. El desarrollo del plan de trabajo es un esfuerzo conjunto entre los equipos de vegetación y cartografía (para el muestreo de verificación de tipos de vegetación) e incluye la participación subsecuente del equipo de fauna (para los requerimientos específicos del muestreo de animales).

El taller de planificación debe contemplarse en el presupuesto general. Para una mejor administración, el número de participantes (ejecutores y observadores) no debe exceder a cuarenta personas. Por lo general se desalienta la invitación de observadores (aunque a veces es políticamente necesaria), a menos que se espere de ellos una contribución significativa al proceso. La determinación del presupuesto para el taller deberá ser relativamente sencilla, basada en el número de personas invitadas y sus necesidades de financiamiento. Se alienta la invitación de personas con experiencia en las EER.

Es esencial para el éxito del taller de planificación contar con un facilitador competente. El facilitador debe tener una clara visión de la estructura y productos anticipados del taller y una habilidad de manejo de grupos sobresaliente. Debe estar preparado para ejercitar liderazgo, negociar acuerdos y resolver cualquier conflicto que pudiera deteriorar la fluidez del taller. El idioma primario del facilitador debe concordar con el del grupo. El facilitador requerirá el apoyo administrativo de un individuo capaz de capturar todo lo que se habla durante el curso de taller en un procesador de palabras. Los rotafolios son indispensables y es útil también contar con equipo para proyección de transparencias o acetatos.

El taller de capacitación

El taller de capacitación es una reunión de científicos de la EER que reciben instrucciones sobre técnicas específicas de muestreo y uso de formularios de campo. El taller de capacitación puede combinarse con el de planificación, si esto resulta práctico. El taller de capacitación es una oportunidad para la capacitación técnica en las actividades identificadas en el plan de trabajo. Este tipo de taller usualmente involucra la instrucción práctica sobre actividades de medición en el campo—tal como el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) para geolocalización—y establecimiento de parcelas de vegetación. De preferencia, este tipo de capacitación se proporciona en el área de estudio durante el inicio del trabajo de campo, utilizando los mapas e imágenes reales para dicha área, pero si es necesario la capacitación puede realizarse en otro lugar.

Las metodologías de muestreo específicas se describen en más detalle en los capítulos siguientes. Los colaboradores en una EER por lo general son científicos competentes, quienes “ya saben lo que debe hacerse” con respecto a técnicas de muestreo en sus áreas de trabajo. Por esta razón, un evento de “capacitación” para una EER no es una actividad rigurosa, formal y altamente especializada. Por lo contrario, se asemeja más a un encuentro de colegas que comparten ideas y metodologías y para desarrollar protocolos de campo apropiados a la EER específica. La experiencia ha demostrado que en estos eventos, más que una capacitación concreta, lo que ocurre es el desarrollo de estrategias y el intercambio de ideas es completamente multidireccional.

Inicio del trabajo de campo

El trabajo de campo se inicia después de que se hayan desarrollado los planes de trabajo y de muestreo y se haya formado el equipo de la EER. Para una mayor retención del concepto y un mantenimiento del nivel de entusiasmo inicial, el trabajo de campo debe comenzar lo más pronto posible después de los talleres de planificación y capacitación. El mayor esfuerzo logístico de la EER es la iniciación del trabajo de campo. El apoyo del Coordinador de Logística es necesario casi a todo momento durante este periodo para encargarse de la coordinación del transporte, hospedaje y alimentos, así como de la provisión de materiales, los desembolsos

financieros, comunicación y detalles misceláneos. No obstante, el Coordinador de Logística no tendrá que adivinar o estimar nada que se relacione con la preparación para el trabajo de campo; todos los detalles necesarios (el número de personas en el campo, fechas y horarios de viaje, material requerido, planes de hospedaje, etc.) deben estar incluidos o ser de fácil interpretación en los planes de trabajo y muestreo.

Planificando la seguridad

Otra importante dimensión de la planificación, la seguridad, mejora también la eficacia de una EER. El trabajo de campo puede ser peligroso y unas cuantas precauciones simples pueden contribuir a una EER sin incidentes. Tales precauciones incluyen:

- Viajar ligeramente (con material de campo mínimo) en el campo.
- Siempre viajar y trabajar con un acompañante.
- Marcar el camino adecuadamente usando cinta para marcar o banderillas y tomar nota de puntos de referencia naturales para ayudar en la navegación.
- Permanecer en veredas predeterminadas, siempre que sea posible.
- Evitar la tentación de cortar camino, especialmente a lo largo de ríos, porque el terreno cambia con rapidez y se encuentran riscos con frecuencia. Viajar con una cuerda ligera, si el peso lo permite.
- Viajar con mapas, brújulas y receptores de GPS y saber cómo usarlos.
- Llevar un estuche de primeros auxilios que contenga antídoto para mordida de serpientes; saber cómo usarlo.
- Llevar siempre suficiente agua potable para prevenir la deshidratación.
- Para trabajo en áreas remotas, llevar un EPIRB (un aparato emisor de señales de emergencia repetidas) y saber cómo usarlo.

Los líderes de proyecto deben desarrollar lineamientos adecuados de seguridad para el área y discutir tales lineamientos con los miembros del equipo antes de comenzar el trabajo de campo.

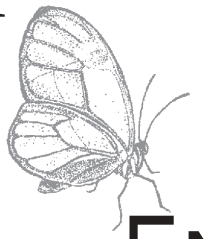
Manteniendo el enfoque

Mantener el enfoque es esencial para asegurar resultados exitosos del proyecto, porque el proceso de la EER es complejo, con frecuencia nuevo para quienes lo llevan a cabo, usualmente de logística complicada y exigente en cuanto a personal y recursos financieros. Típicamente, la naturaleza compleja de las EER da como resultado la tendencia de verse atrapado en el proceso, a veces perdiendo la visión general del esfuerzo. Es necesario reflexionar frecuentemente en los objetivos a lo largo del proyecto, de otra manera la metodología de la EER puede empezar a percibirse como el objetivo mismo de la EER. Los administradores y líderes de equipos necesitan enfocarse constantemente en establecer las bases de la iniciativa sobre sus objetos de conservación.

Administración posterior al trabajo de campo

Una vez que el muestreo de campo se ha iniciado, el enfoque cambia de cómo comenzar la EER a cómo completarla; entonces el énfasis en la administración se hace necesario. En esta etapa la EER ya se ha conceptualizado, se ha caracterizado detalladamente en varios acuerdos de colaboración y se ha iniciado. Un enfoque de manejo activo y proactivo asegura la realización fluida del trabajo de campo y de los pasos subsiguientes. Los detalles administrativos de los pasos subsiguientes en el proceso de la EER se discutirán en los próximos capítulos.

Parte II



En el laboratorio: herramientas y métodos cartográficos

Capítulo 3

Tecnologías cartográficas: Nuevas herramientas para la conservación

Roger Sayre

La metodología de la EER ha evolucionado continuamente desde su concepción a mediados de los años 1980. Uno de los avances más significativos en el método de la EER guarda relación con la evolución conjunta de las herramientas computacionales, las cuales permiten el procesamiento intensivo de grandes conjuntos de datos y el despliegue y análisis de información geográfica. Esta capacidad de procesar información espacial ha dado como resultado una considerable sofisticación en los aspectos de cartografía digital en las EER. Este capítulo describe los conceptos importantes sobre información espacial, herramientas y aplicaciones para la elaboración de mapas de una EER.

Aunque la primera edición del manual EER sentaba bases sólidas en cuanto al énfasis cartográfico asociado a todas las EER, no incluía una caracterización del papel e importancia de las tecnologías de cartografía digital en el proceso de una EER, principalmente porque estas tecnologías eran relativamente nuevas y de costo prohibitivo en ese entonces. Hoy, sin embargo, dichas tecnologías han proliferado ampliamente, resulta menos costoso obtenerlas y es más fácil utilizarlas. Una de las razones principales para desarrollar una nueva versión del manual de la EER es la de recalcar el uso de estas nuevas tecnologías cartográficas en el proceso de la EER. Mientras que la primera versión del manual se inclinaba a destacar tecnologías que podrían aplicarse con material y personal capacitado mínimos, esta versión promueve el uso de tecnologías espaciales como algo necesario para determinar adecuadamente la distribución de la biodiversidad.

Tecnologías espaciales

Una EER depende del uso e integración de las tecnologías espaciales, que incluyen: sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos (RS) y sistemas de posicionamiento global (GPS). Este énfasis en la tec-

nología espacial distingue a la EER de otras metodologías de inventario y evaluación de biodiversidad basadas en la participación de expertos. Estas tecnologías espaciales son un grupo nuevo de herramientas analíticas basadas en el uso de computadoras y que utilizan información espacialmente explícita o georreferenciada. Los SIG, RS y GPS son tecnologías espaciales modernas que complementan a las herramientas geográficas tradicionales tales como cartografía y planimetría, con el fin de proporcionar técnicas sofisticadas para determinar la distribución geográfica de la biodiversidad. Estas tecnologías se discutirán detalladamente en secciones subsiguientes de este capítulo.

El poder de las tecnologías espaciales ha permitido mejoras significativas en nuestra habilidad para caracterizar la distribución, abundancia y condición de la biodiversidad tal como ésta existe en el terreno. Las tecnologías espaciales han revolucionado la manera en que la información se organiza y procesa para muchas disciplinas y propósitos, particularmente en biología, creando nuevos énfasis en la georreferencia de datos obtenidos y en la geolocalización precisa de características tanto del terreno como biológicas.

Análisis de información espacial

En su nivel más fundamental, una EER involucra la recolección y clasificación de información espacial acerca de la biodiversidad. Esta diversidad puede describirse en distintos niveles de organización biológica, desde unidades microcelulares (ej., códigos genéticos) hasta unidades del terreno (ej., comunidades de plantas). Las EER caracterizan la biodiversidad principalmente a nivel del terreno, enfocándose en la distribución espacial en el terreno de la unidad de biodiversidad bajo investigación. Estas unidades o elementos de la biodiversidad existen en el terreno en configuraciones espaciales que pueden representarse geográficamente como rasgos de puntos (ej., localizaciones de individuos), rasgos lineales (ej., la extensión de un riachuelo) o rasgos de polígonos (ej., tipos de vegetación).

Aunque las EER incorporan disciplinas múltiples (ej., botánica, zoología, ecología y sociología) todos los datos que resultan de una EER son de carácter intrínsecamente espacial y, por lo tanto, pueden visualizarse y analizarse espacialmente mediante una tecnología espacial apropiada. Este hecho resalta la importancia de las tecnologías espaciales como mecanismos de integración en el proceso de la EER. La naturaleza integradora de las tecnologías espaciales es una de las claves para lograr el carácter realmente multidisciplinario de una EER.

Conceptos geográficos básicos

Ilustrar la biodiversidad en mapas requiere un entendimiento de varios principios geográficos y cartográficos básicos, particularmente los conceptos de la geometría de la tierra, datums, proyecciones, sistemas de coordenadas, escala, precisión y unidades mínimas de mapeo. Se requiere que el equipo cartográfico de una EER entienda estos conceptos con el fin de lograr precisión en la geolocalización y en el análisis espacial y para producir mapas precisos y de alta calidad. Los conceptos de unidad mínima de mapeo y escala son fundamentales para llevar a cabo apropiadamente cualquier EER y todo el equipo de la EER debe comprenderlos. Algunas fuentes generales de información acerca de los conceptos básicos de geografía y tecnología, de las cuales se deriva gran parte de este material, incluyen las siguientes: Paine, 1981; Burrough, 1986; Snyder, 1987; Star y Estes, 1990; ESRI, 1990; ERDAS, 1991; Maguire et al., 1991; y Lillesand y Kiefer, 1994. Además, el Centro Nacional para Información y Análisis Geográfico (*National Center for Geographic Information and Analysis - NCGIA*) provee materiales educativos detallados sobre conceptos geográficos y tecnologías de información espacial a través del Internet (http://www.ncgia.ucsb.edu/).

Geometría de la tierra y proyecciones cartográficas

La tierra no es una esfera perfecta, pero es semejante a una esfera y los geómetros la han modelado como un globo elipsoidal. Los distintos modelos de la geometría de la Tierra elipsoidal originan diferentes sistemas de proyección utilizados para representar la Tierra en mapas. Es imposible representar los rasgos de la superficie de

la Tierra (tridimensional) en un mapa plano (bidimensional) sin introducir distorsión espacial. A través de los años, los cartógrafos han desarrollado varias proyecciones distintas para representar en mapas los rasgos de la Tierra con una mínima distorsión espacial. Una proyección cartográfica es una técnica matemática para "proyectar" una porción de la superficie curva de la Tierra sobre una superficie plana. Existen muchos tipos de proyecciones, cada uno de los cuales está diseñado para reducir la distorsión espacial ya sea de distancia, área o dimensión angular. Aunque hay muchas proyecciones, sólo unas pocas se utilizan de manera regular (ej., UTM, Lamber, Alebres y Tate Planee).

Sistemas de coordenadas

Las localizaciones geográficas en la Tierra esferoide se describen mediante coordenadas geográficas a las que nos referimos como latitud y longitud. Las representaciones planas de la superficie de la Tierra que resultan de las proyecciones, están asociadas con sistemas de coordenadas planos o Cartesianos (figura 3-1). La latitud y longitud son medidas angulares de grados, minutos y segundos. Las medidas de longitud describen la distancia angular hacia el este u oeste de un meridiano estándar (de cero grados de longitud) que pasa a través de Greenwich, Inglaterra. Las medidas de latitud describen la distancia angular hacia el norte o sur del ecuador (a los cero grados de latitud). Las unidades de medida para sistemas de celdillas de coordenadas planas por lo general son métricas y la Tierra se divide usualmente en varias zonas de norte a sur que circulan la Tierra a lo largo del ecuador.

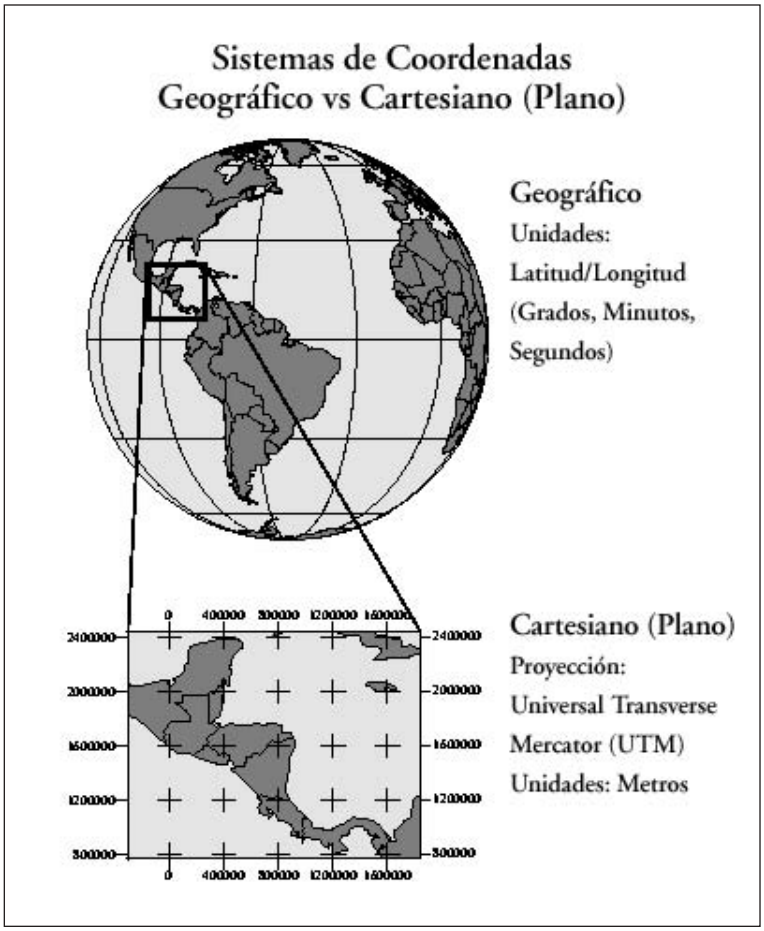


Figura 3-1. Representación de localidades en la Tierra usando coordenadas geográficas (grados de latitud y longitud) y planas (metros x, metros y).

Datums

Un datum—un modelo de la superficie de la Tierra a nivel del mar—para una región o área particular del planeta, se usa como referencia para tomar medidas controladas sobre el terreno. Un datum tiene una superficie suave, a diferencia de la superficie topográficamente irregular de la Tierra. La mayoría de los lugares de la Tierra tienen uno o más datums (frecuentemente cálculos viejos y revisados) que describen el sistema de referencia de medidas del terreno local.

Casi todos los mapas que se consideran buenos contienen información, usualmente registrada en alguna parte de los márgenes del mapa, acerca del elipsoide, el datum y la proyección. Aunque no es necesaria la compresión profunda de estos conceptos, la información acerca del modelo de la Tierra debe retenerse para lograr precisión geográfica en elaboración de mapas y análisis por computadora. Un datum global empleado como estándar por muchas tecnologías de GPS es el WGS 84.

Escala

El concepto de escala es fundamentalmente importante para una EER. La escala se refiere a la relación entre una unidad de distancia en un mapa o imagen y su distancia correspondiente sobre el terreno real. Por lo tanto, una escala de 1:50,000 significa que un centímetro en el mapa corresponde a 50,000 centímetros en terreno real. Un mapa en escala grande representa una área relativamente pequeña en terreno real, mientras que una mapa en escala pequeña simboliza una área real mayor. Por consiguiente, los mapas en escala grande son más detallados que los de escala pequeña. Escalas tales como 1:10,000, 1:24,000 y 1:50,000 por lo general se consideran como mapas en escala grande, mientras que 1:100,000, 1:250,000, 1:500,000 y 1:1,000,000 se refieren generalmente a mapas en escala pequeña. Debe determinarse una "escala de trabajo" para la EER que produzca un nivel de detalle satisfactorio en la información. Para la mayoría de las EER la escala de trabajo típica es 1:50,000, aunque para áreas extensas se requieren escalas de 1:100,000 o aún 1:250,000. La disminución de la escala de trabajo siempre da como resultado la generalización de los datos. El concepto de escala se muestra gráficamente en la figura 3-2. La consideración de la escala en relación con SIG se discutirá más adelante.

Figura 3-2. Representación de rasgos en la Tierra con relación a la escala. Cuanto mayor es el número, menor es la escala. En escalas pequeñas se muestran áreas más grandes, con menor nivel de detalle. En escalas grandes se muestran áreas más pequeñas, con detalles más finos.

Precisión

La precisión geográfica es otro concepto fundamental para la elaboración de mapas en una EER. Se refiere a qué tan cercana es la representación de un objeto en el mapa a su localización y extensión espacial reales en la Tierra. La precisión no se relaciona necesariamente con la escala, pero los mapas en escala grande son generalmente más precisos que los de escala pequeña. Una precisión pobre degrada la calidad de los mapas y puede afectar su utilidad. La precisión se refiere, en ocasiones, a qué tan bien una medida se conforma a su estándar. En la elaboración de mapas la precisión se refiere al porcentaje de puntos o polígonos representados que se encuentran a una distancia tolerable de su localización real. Como regla general para mapas de las EER, una imprecisión de hasta 10 metros es aceptable para trabajos en escala de 1:50,000, 10 a 100 metros para trabajos en 1:100,000 y hasta un kilómetro para mapas en escala de 1:250,000.

Unidad mínima de mapeo

La unidad mínima de mapeo (*Minimum Mapping Unit*—MMU) es el área uniforme más pequeña que se va a delinear durante la interpretación de fotografías o imágenes y se determina mediante inspección de la imagen fuente. La MMU es otro parámetro en la elaboración de mapas que varía con la escala. No es necesariamente el área uniforme más pequeña que puede percibirse por el ojo humano. Cuanto más grande es la MMU, menos trabajo interpretativo se requiere. El tamaño de la MMU puede tener una dimensión de manejo (ej., sólo las áreas naturales mayores a una hectárea serán delineadas). La tabla 3-1 muestra algunas MMU típicamente utilizadas para una variedad de escalas de trabajo comunes. Algunos fotointerpretadores usan una regla práctica general para desarrollar una MMU: la MMU es el tamaño del polígono más pequeño dentro del cual puede dibujarse a mano una etiqueta.

Tabla 3-1. Unidades cartográficas mínimas (MMU) sugeridas para diferentes escalas de trabajo. Estas MMU se emplean típicamente en las EER; la MMU en sí puede estar basada en un criterio de manejo (ej., el tamaño mínimo de una área protegida) o en un criterio práctico (ej., el polígono más pequeño dentro del cual el investigador puede dibujar una etiqueta).

Escala de trabajo	*MMU típica*
1:1,000,000	1 km^2
1:500,000	64 ha
1:250,000	16 ha
1:100,000	4 ha
1:50,000	1 km^2

Los sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG) son sistemas basados en computadoras que permiten la captura, mantenimiento, rescate, integración, visualización y análisis de datos georreferenciados, que son datos con una calidad geográfica, un esquema de localización o una característica intrínseca de localización. Los datos georreferenciados se describen por lo general como datos que son espaciales o “mapeables”. Un SIG utiliza datos georreferenciados. Mientras que un SIG se considera comúnmente como un paquete de software, en realidad es una combinación de hardware (equipo computacional), software y recursos humanos necesarios para desplegar y analizar datos espaciales de manera eficaz.

Organización de datos en un SIG

La información de un SIG está organizada como una colección de capas de datos de temas únicos. Mientras que un mapa físico puede representar muchos temas (ej., caminos, ríos, poblados y clases de vegetación) en un solo mapa, en un SIG estos temas constituyen capas individuales (figura 3-3). Esta organización de datos en capas distintas permite el despliegue o análisis selectivo de una o más capas, así como la creación de capas de datos nuevas a partir de las existentes. Los SIG pueden estar compuestos por unas cuantas o por muchas capas, dependiendo de la aplicación. Aunque no hay un número definitivo o mínimo de capas a incluirse en el SIG para una EER (y en la mayoría de aplicaciones de conservación), existen varias capas de datos biofísicos y socioe-

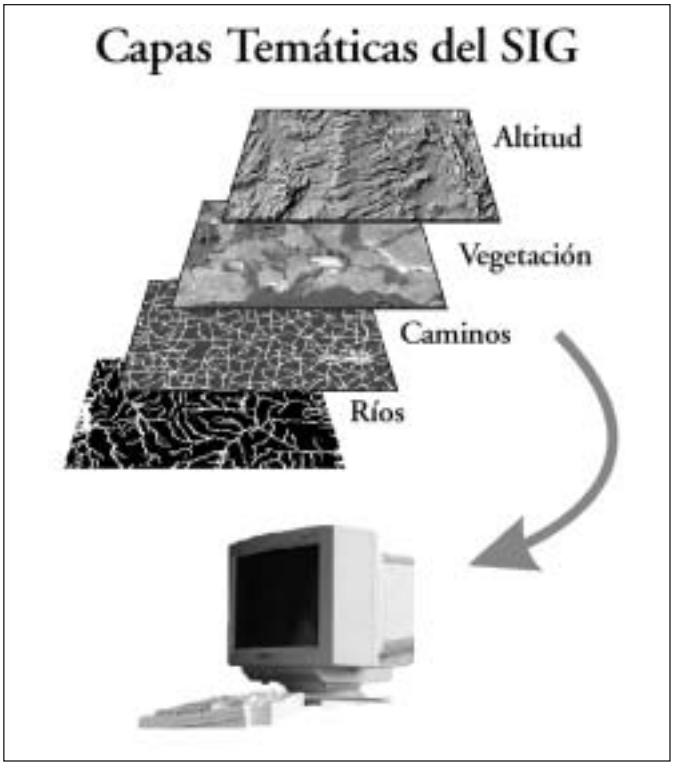


Figura 3-3. Las capas temáticas múltiples de un SIG. Un SIG es una herramienta de integración porque permite el análisis de cualquier dato y capa temática en el contexto de otras capas.

conómicos "estándar" que comúnmente se desarrollan para SIG basados en EER. Estas capas incluyen geología, suelos, variables climáticas (ej., precipitación o temperatura), uso y cobertura de la tierra, hidrografía superficial, altitud, áreas protegidas, límites del área de estudio, unidades políticas o administrativas, redes de transporte, centros poblacionales, infraestructura y tenencia de la tierra.

SIG como un sistema de manejo de datos

El software de un SIG es, de hecho, un potente sistema de manejo de bases de datos (SMBD) con una capacidad sofisticada para la visualización de datos y el análisis espacial. La familiaridad con conceptos básicos de manejo de bases de datos usualmente permite una rápida adquisición de los conceptos del SIG, porque un SMBD es el motor software de cualquier SIG verdadero. El SIG es útil para desplegar y analizar información georreferenciada, tal como los atributos numéricos de un rasgo geográfico o pixel. Como tal, el SIG no es un SMBD apropiado para el manejo de información escrita extensa (campos para texto o memoranda), la cual generalmente no está georreferenciada.

SIG raster y vector

Hay dos tipos de software de SIG fundamentalmente distintos: raster y vector. El SIG tipo raster emplea un sistema basado en cuadrículas para la representación de temas. Los terrenos se subdividen en celdillas de la cuadrícula—a las que comúnmente nos referimos como pixeles—y cada celdilla contiene un valor numérico o de otro carácter que describe el tema del dato en esa localización. Las imágenes de satélite, en donde cada pixel tiene un valor que representa la reflectancia espectral en esa celdilla de la cuadrícula, son ejemplos de datos tipo raster. El analista determina el tamaño de las celdillas de una capa de datos en un SIG basado en software raster.

Un SIG que se basa en software vector difiere de uno basado en raster en que la superficie de la tierra no está cuadriculada. En este caso, los rasgos de la superficie de la Tierra (ej., caminos, pueblos y lagos) se describen de manera espacial usando una geometría de puntos, líneas y áreas. Estos rasgos se convierte en objetos

Figura 3-4. Los métodos raster y vector del SIG para representar rasgos del terreno. En el SIG tipo vector todos los rasgos de la tierra se representan como puntos, líneas o polígonos, con sus atributos asociados. El SIG tipo raster utiliza un modelo de información basado en una cuadrícula con celdillas de resolución espacial fija que poseen un valor único para la representación del tema.

(registros de información) dentro de un SMBD, en el cual se mantienen tanto la información geográfica (datos espaciales) como las características descriptivas (datos de atributos) acerca del rasgo. Por ejemplo, en un SIG de tipo vector una zona de bosque es un rasgo que se representa espacialmente como un polígono. La especie dominante, tipo de suelo y caminos de acceso son todos datos de atributo acerca del área boscosa y pueden representarse visualmente en un mapa en pantalla o en papel, así como analizarse espacialmente. Los modelos SIG de tipo raster y vector se muestran en la figura 3-4.

Elección del software para SIG

Elegir el software de SIG implica tomar decisiones tanto acerca del tipo de SIG que debe adquirirse (raster o vector) y la marca del software. Ya que la mayoría de las EER tienen un fuerte énfasis en la caracterización de terrenos y en el señalamiento en mapas de la localización y extensión de los hábitats, por lo general se prefieren los sistemas de tipo vector. El factor determinante para la adquisición de cierta marca de SIG (o cualquier otro software) debe ser si el software (1) representa el estándar comercial y (2) es una tecnología comercial lista para usarse inmediatamente después de adquirida. Obviamente, la funcionalidad es una consideración primordial, pero si la tecnología se considera como el estándar comercial lo más probable es que el software sea completamente funcional. Las herramientas de SIG estándar más ampliamente utilizadas son los productos ArcInfo y ArcView de ESRI. Estos productos ofrecen el rango completo de funcionalidad del SIG (incluyendo módulos de tipo raster en los paquetes más sofisticados) con interfaces gráficas de uso sencillo.

El responsable de la EER necesitará utilizar un SIG para manejar y analizar los datos y para producir mapas. Muchas de las agencias que son los candidatos más lógicos para implementar una EER ya cuentan con un SIG y si el que ya tienen puede satisfacer las necesidades de manejo de datos de la EER no existe razón alguna para adquirir otro sistema. Otros SIG de tipo vector y raster pueden ser adecuados para los propósitos de una EER. Antes de adoptar sistemas alternativos debe realizarse una comparación minuciosa de las necesidades de manejo de datos con la funcionalidad del software de SIG.

Escala en un SIG

En un SIG, los datos se mantienen dentro de un marco geográfico de localización precisa que es independiente de la escala. Aunque la calidad de los datos en el SIG es, en parte, una función de la escala de la fuente de información (escala fija), un SIG es capaz de producir mapas en cualquier escala. Esta independencia de la escala de

los datos digitales SIG permite combinaciones espaciales y búsquedas en capas múltiples de datos en escalas fuente variables.

Aunque los SIG no tienen escala, conceptual o mecanísticamente, las capas de datos generalmente pueden describirse como si tuvieran una escala de desarrollo. Una capa de datos sobre caminos y veredas digitalizada a partir de un mapa topográfico a escala de 1:50,000 tiene una escala de desarrollo de 1:50,000 y no puede considerarse precisa si se imprime a una escala más grande, aún cuando el SIG permite tal impresión. Un análisis típico con un SIG involucra la combinación o análisis de capas de datos derivadas de mapas fuentes con escalas distintas. Como tal, la precisión general de un SIG de capas múltiples se considera sólo tan correcta como lo es la precisión (o escala de desarrollo) de la capa de datos de menor resolución.

Topología

Se dice que un SIG es topológico cuando es de tipo vector y mantiene información tanto acerca de los objetos representados como de sus relaciones espaciales con objetos cercanos. La topología es un construcción matemática avanzada y, para la mayoría de los análisis espaciales, no se requiere una comprensión profunda de la misma. Sin embargo, la habilidad del SIG para crear y mantener las relaciones topológicas es crítica, porque muchos tipos de búsquedas espaciales básicas y funciones analíticas dependen de la topología. Algunos paquetes de software (típicamente los de tipo raster y los de diseño con ayuda computacional, *computer-aided design:* CAD) permiten la captura digitalizada de información vectorial, pero estos vectores se describen como no topológicos y no pueden usarse para construir topología de polígonos.

Sensores remotos

Las imágenes de sensores remotos en forma de imágenes de satélite, fotografías aéreas o videografía aérea constituyen la fuente de datos primordial para todas las EER. Los sensores remotos son una tecnología espacial basada en la interpretación y análisis de imágenes captadas en forma remota. A las tecnologías de sensores remotos por satélite por lo general se les conoce como sistemas de procesamiento de imágenes. Estas tecnologías son, por lo común, más complejas que las de SIG y son más intensivas en cuanto al uso de computadoras. El uso de tecnologías de sensores remotos requiere un conocimiento básico de las reflectancias espectrales. En la mayoría de las EER las imágenes de satélite se adquieren, reagrupan en mosaicos, rectifican, interpretan (clasifican) y producen como imágenes físicas en papel.

Reflectancia espectral

Las imágenes de sensores remotos se obtienen mediante equipos sensores transportados por satélites o aviones que registran las propiedades espectrales de los objetos en la Tierra. Dichas propiedades—o signaturas—son el resultado de la interacción entre un objeto en la superficie de la tierra y la radiación electromagnética del sol y generalmente se categorizan como reflectancia. Las longitudes de onda de la radiación electromagnética reflejada por los objetos depende de la composición del objeto; objetos distintos reflejan distintas longitudes de onda. Los sensores tienen bandas diferentes, las cuales pueden captar radiación electromagnética de longitudes de onda diferentes (ej., permitiendo la separación de diversos tipos de vegetación en las imágenes de satélite). Los pastizales se reflejan de manera diferente a los bosques de dosel cerrado, los humedales se reflejan de manera distinta a los desiertos, etc.

Tabla 3-2. Diferencias en la resolución espacial y espectral de los datos típicos provenientes de imágenes de satélite usados en las EER.

Satélite	*Resolución espacial*	*Resolución espectral*
Landsat TM	30 m	Siete bandas
IRS	23 m	Cinco bandas
Spot PAN (Pancromático)	10 m	Una banda
Spot XS (Multiespectral)	20 m	Tres bandas
AVHRR	1 km	Cuatro bandas
RadarSat	9-28 m	Una banda

Imágenes de satélite

La mayoría de las EER integran imágenes de satélite (generalmente conocidas como imágenes de baja resolución) con imágenes de más alta resolución (fotografías aéreas). Las imágenes de satélite se transfieren directamente a un medio digital y se transmiten a estaciones receptoras en la Tierra. Existen una variedad de satélites con sensores remotos en el espacio y se anticipa que muchos más se lanzarán en el futuro. Los sensores en estas plataformas captan diferentes longitudes de onda en resoluciones espaciales distintas. Existe una variedad de imágenes de satélite con diferentes resoluciones espectrales y espaciales disponible comercialmente (tabla 3-2). La resolución espectral es una propiedad del sensor que se refiere al número y rango de las bandas (longitudes de onda) registradas, mientras que la resolución espacial se refiere al tamaño de los pixeles (el área detectada más pequeña). Por ejemplo, las imágenes de Landsat TM (*Thematic Mapper*) tienen una resolución espacial de 30 x 30 metros y una resolución espectral de siete bandas de longitud de onda visible, cercana al infrarrojo, lejana al infrarrojo y térmica. Las imágenes SPOT XS (multiespectral) tienen una resolución espacial de 20 x 20 metros y una resolución espectral de tres bandas.

Las imágenes de radar son atípicas, pero cada vez más disponibles. Mientras que los sensores ópticos son pasivos, los sensores de radar registran la desviación o rebote de los haces de radar dirigidos hacia el suelo. La naturaleza activa de un radar lo hace apropiado para usarse en áreas crónicamente cubiertas de nubes, ya que éstas no afectan al radar. Tanto los radares de alta como de baja resolución están disponibles en el mercado.

Procesamiento de imágenes de satélite

El procesamiento de imágenes se refiere a la preparación y uso de datos en forma de imagen. Las imágenes digitales se venden como “escenas” de varios tamaños, dependiendo del tipo de datos representados. En general, las imágenes digitales se adquieren, se unen a manera de mosaico con imágenes adyacentes si es necesario, georreferencian, mejoran, clasifican, imprimen en papel y exportan a un SIG. El procesamiento de imágenes puede ser un ejercicio completamente digitalizado y computarizado o una actividad semidigitalizada con intensa actividad humana. El primer caso depende de la habilidad de la computadora para discriminar diferencias sutiles en la variación espectral de una escena, mientras que el segundo se sujeta a la experiencia integradora y habilidad del interpretador de imágenes humano para reconocer patrones avanzados. Hasta hoy, la tendencia de las EER ha sido hacia el segundo caso.

Consideraciones sobre hardware y software para el procesamiento de imágenes

Trabajar con imágenes digitales requiere de poder de procesamiento considerable, ya que los archivos de imágenes son relativamente grandes (fácilmente pueden exceder centenares de megabytes) y complejos. Tradicionalmente, el procesamiento de imágenes se ha llevado a cabo en estaciones de trabajo UNIX o ambientes computarizados mainframe, debido a los requerimientos relativamente altos de almacenamiento y a la capacidad de procesamiento necesaria para manipular grupos de datos grandes y de bandas múltiples. La adquisición de una estación de trabajo basada en una plataforma UNIX requiere una inversión sustancial tanto en recursos financieros como de personal y por lo general no se recomienda para instituciones cuya función principal no es el análisis de datos espaciales. Sin embargo y por fortuna, la rápida tendencia hacia la producción de sistemas potentes basados en computadoras personales (PC) con alta capacidad de almacenamiento puede permitir una expansión para el procesamiento de imágenes dentro de plataformas de PC. Esta tendencia es una evolución bien recibida que incorpora una dimensión de “tecnología apropiada” a una disciplina y conjunto de herramientas previamente considerados exclusivamente como “alta tecnología”.

Para llevar a cabo el procesamiento de imágenes en un sistema PC, la configuración debe incluir varios gigabytes de capacidad de almacenamiento, cantidades máximas de memoria (RAM) y memoria de video (VRAM), capacidad de alta resolución gráfica y de video, monitores grandes, un drive para CD-ROM y un sistema operativo potente y multifuncional basado en Windows. El software estándar comercial para procesamiento de imágenes es “ERDAS Imagine”.

Adquisición de imágenes

El proceso de adquirir imágenes es relativamente sencillo. Consiste en contactar al proveedor de las imágenes y proporcionar información acerca del área de interés, así como tiempos y calidad deseadas para la imagen. Esta información tiene que ver con la localización para la cual se desea la imagen (usualmente se proporcionan las coordenadas del rectángulo de perímetro mínimo alrededor del área de estudio), la edad aceptable de la imagen (ej., reciente, no más de 5 años, no más de 15 años), el mes o meses (si la estacionalidad es importante), la densidad de la cobertura nubosa que puede tolerarse, el producto deseado (datos digitales, copia en papel o ambos) y el nivel de preprocesamiento que se desea (puede ir desde nulo hasta muy intenso). Enseguida, el proveedor ejecuta una búsqueda en la base de datos de imágenes y genera una lista de escenas como candidatos para enviar al comprador. Esta lista de escenas contiene un número de identificación de imagen, el curso e hilera de la imagen (usando un marco cuadriculado que organiza el globo en cursos norte/sur e hileras este/oeste), la fecha de adquisición de la imagen e índices de cobertura nubosa. En ocasiones, es posible desplazar escenas de su curso o hilera originales para evitar tener que comprar escenas múltiples; esta posibilidad necesita discutirse con el proveedor. Los índices de cobertura nubosa se proporcionan para cada uno de los cuatro cuadrantes en la escena. Actualmente es común que el comprador de imágenes realice búsquedas en el Internet sin la asistencia de un representante de ventas. Es también cada vez más fácil adquirir las imágenes directamente del Internet a un costo reducido o sin costo alguno.

Las imágenes de satélite comerciales continúan siendo caras (US$3,000 a US$5,000 por escena) y en ocasiones de costo inalcanzable. Con tales costos, resulta importante determinar si una imagen de satélite es apropiada y, si lo es, asegurar la compra de una imagen de alta calidad. El que una imagen sea o no apropiada depende generalmente del tamaño del área para la cual se va a ejecutar una EER. Por lo general no se recomienda comprar imágenes de satélite para áreas menores de 10 kilómetros cuadrados.

La calidad de las imágenes raramente se puede discernir en las pruebas y vistas rápidas proporcionadas por el vendedor. Nubes pequeñas dispersas están generalmente presentes en las imágenes, pero es difícil o imposible percibirlas en las vistas rápidas de muestra. Aunque raramente es posible, se recomienda una inspección de la imagen real antes de su adquisición. Alternativamente, es bastante seguro comprar una imagen con índices de cobertura nubosa = 0% en cada cuadrante (básicamente un día sin nubes) o de 0% en el cuadrante de interés. Indices de 10% o 20% pueden ser aceptables; 30% o mayor cobertura nubosa probablemente resultará inaceptable. Antes de comprar cualquier imagen comercialmente disponible el comprador debe discutir con el proveedor la opción de regresar o intercambiar imágenes inadecuadas y obtener este acuerdo por escrito.

Elaboración de mosaicos de imágenes

Una vez adquiridas, las imágenes deben descargarse del medio de distribución (usualmente una cinta de 8 mm o un CD) y reagruparse en subgrupos o mosaicos (cuando se usa más de una escena). Frecuentemente, cuando el área de estudio abarca dos o más escenas los datos en bruto de una escena deben unirse, a manera de mosaicos, con los datos de una escena adyacente. La unión consiste en combinar dos o más escenas mediante el alineamiento adecuado de hileras y columnas, de tal forma que la integridad geográfica se mantenga. La unión requiere que se conozcan los números de la columna e hilera originales y, por lo tanto, no es inteligente unir después de haber reagrupado, debido a la alteración de los números de hilera y columna.

Rectificación de imágenes

La rectificación de imágenes es el proceso de georreferenciar el archivo de imágenes con el fin de poder determinar la localización geográfica real de los rasgos de la imagen. Antes de rectificarse la imagen cuenta solamente con un sistema de referencia basado en hileras y columnas (posición del archivo); la rectificación asigna las localizaciones geográficas conocidas de las imágenes del terreno a los mismos rasgos discernibles en la imagen. La rectificación permite buscar objetos de la imagen en base a su localización geográfica.

Por lo general, la rectificación involucra el uso de un mapa en papel o digital que ya contiene georreferencia, a partir del cual se proveen localizaciones de origen para rasgos discernibles en la imagen. Un mapa impre-

so se monta sobre la tabla digitalizadora y se registra. El registro de un mapa es un proceso que consiste en registrar el sistema de georreferencia de un mapa usando un instrumento de señalamiento de puntos para marcar las localizaciones de los puntos de control (localizaciones conocidas). La tabla digitalizadora por lo general contiene una malla de alambre embebida de resolución fina y medidas precisas, la cual se usa para transformar las unidades de la tabla digitalizadora (pulgadas o centímetros) en unidades de medida para el mundo real.

Mejoramiento de imágenes

El mejoramiento de imágenes involucra la manipulación de los datos originales para mejorar la estética visual y claridad de la imagen. Las longitudes de onda espectrales detectadas por el sensor se conocen como números digitales (ND), los cuales por lo general varían de 1 a 256. Este rango de números se refiere a los límites de almacenamiento de información (restricciones de bit) en los sistemas de procesamiento por computadora. El mejoramiento de imágenes involucra la alteración del rango de ND para mejorar el contraste, un proceso conocido como estrechamiento del histograma o ecualización del histograma.

Impresión de imágenes

Este paso consiste en producir imágenes impresas en papel. Aunque las imágenes por lo general se componen de datos de bandas múltiples, sólo tres bandas pueden exhibirse o usarse para la impresión en papel. Las bandas disponibles para la salida y su asignación a las pistolas de color usadas en el despliegue de video y tecnología de impresión determinan la apariencia visual final de una imagen. Por ejemplo, las bandas 4, 5 y 3 de una imagen Landsat (cercana al infrarrojo, media al infrarrojo y azul, respectivamente) proyectadas mediante pistolas de color roja, verde y azul, respectivamente, producen lo que comúnmente se conoce como una composición en infrarrojo. Por lo general, se utiliza esta combinación específica de bandas y asignación de canal de color para las EER terrestres que involucran la clasificación de comunidades vegetales.

Clasificación manual de imágenes

La clasificación manual o visual se refiere a la interpretación de fotografías o imágenes por el ojo humano. Por décadas, las fotografías aéreas se han fotointerpretado manualmente, conduciendo al refinamiento de una ciencia distinta y muy precisa llamada fotogrametría. Las imágenes de satélite impresas en papel o grabadas en cinta pueden también interpretarse manualmente. Este tipo de interpretación no requiere de una computadora, pero es necesario contar con una computadora para subagrupar, mejorar, rectificar e imprimir los datos de imágenes digitales.

Clasificación digital de imágenes

La clasificación digital de imágenes se refiere al uso de computadoras y algoritmos de agrupación matemática para clasificar las signaturas espectrales de una imagen en números de clase. Estas clases representan áreas de reflectancia espectral similar y con frecuencia representan comunidades vegetales o ecológicas distintas. La clasificación digital de imágenes puede ser no supervisada o supervisada. En el primer caso, la computadora clasifica valores de pixel en un número de clases diferentes basadas en el análisis de reflectancias espectrales (los ND). El número de clases usualmente es determinado por el analista y debe aproximarse al número de tipos de comunidades ecológicas que se cree que ocurren en el área de estudio. En el segundo caso, la clasificación supervisada, el analista provee información acerca de las comunidades vegetales conocidas en áreas específicas para ayudar al proceso de clasificación. Específicamente, el analista proporciona un conjunto de pixeles de localización conocida que el algoritmo de clasificación correlaciona con todos los pixeles de la imagen. La información sobre pixeles de localización conocida se obtiene a través de la verificación de campo o conocimiento previo de la distribución de comunidades.

Clasificación manual *versus* digital de las imágenes

Aunque la clasificación digital tiene ciertas ventajas sobre la interpretación manual (la computadora tiene una mayor habilidad de discriminación espectral, permitiendo el uso de bandas múltiples de datos), las EER casi siempre emplean técnicas manuales de fotointerpretación. Este énfasis en la clasificación manual está relacionado con consideraciones de la tecnología adecuada. Debido al desarrollo histórico y común de mapas topográficos basados en fotografía aérea, la fotogrametría es una disciplina familiar y estándar prácticamente en todos los países, por lo que generalmente se encuentran expertos en fotogrametría. La fotointerpretación de imágenes de satélite es relativamente sencilla y no involucra el análisis estereoscópico.

La clasificación digital, por otro lado, requiere hardware, software y experiencia considerable. Los análisis de sensores remotos requieren recursos intensivos y son todavía poco comunes en muchos países. En lugares donde existen, estos sistemas se utilizan principalmente para rectificar, mejorar e imprimir imágenes con escala y cuadrícula, las cuales posteriormente se fotointerpretan. La interpretación manual debe considerarse como el método preferido de clasificación en la mayoría de circunstancias de una EER. En los casos donde existen recursos computacionales considerables junto con experiencia en el uso de algoritmos de clasificación digital, dicha clasificación debe considerarse como una alternativa a la fotointerpretación manual.

Captura digitalizada de los rasgos delineados

Una vez interpretados, los rasgos delineados siempre se digitalizan en un SIG. Esto permite el desarrollo de capas de datos digitales, las cuales se usan posteriormente para el análisis espacial y la presentación de mapas. Este paso de digitalización involucra la adición de etiquetas de identificación a los puntos, líneas y polígonos.

Este paso regresa el contenido informativo a la dimensión digital. Los pixeles de la imagen (datos digitales) han sido manualmente interpretados como clases de rasgos (polígonos no digitales impresos en papel), las cuales se capturan de nuevo a manera de entidades digitales (objetos del SIG). Este tipo de interpretación manual seguida por la captura digitalizada en un SIG se conoce ahora como el método de clasificación semidigital y se ha convertido en el procedimiento estándar para la mayoría de las EER.

Fotografía aérea

Las fotografías aéreas se obtienen con una cámara especial para el trazado de mapas montada en un portacámaras en la parte inferior de un tipo especial de aparato de vuelo. Estas fotografías verticales se toman en secuencias controladas de tiempo con el fin de obtener superimposición entre dos fotografías sucesivas. Esta superimposición permite la visión estereoscópica de las dos fotografías (par estereoscópico) con un estereoscopio. Las diferentes alturas del dosel pueden distinguirse mediante el análisis estereoscópico y se utilizan como base para distinguir comunidades de plantas diferentes.

Las fotografías aéreas se obtienen ya sea en color natural o en infrarrojo. Por lo general las fotografías en infrarrojo son más adecuadas para delinear comunidades vegetales y las de color natural para distinguir comunidades marinas cercanas a la costa. La altura del aparato de vuelo determina la escala de la fotografía aérea, la cual puede controlarse a un valor constante. Las escalas de 1:24,000 y 1:50,000 son comunes, aunque muchas escalas son posibles. En general, es mejor obtener fotografías aéreas en infrarrojo de alta calidad y escala adecuada; éstas deben conseguirse y fotointerpretarse siempre que sea posible. La fotografía aérea puede en ocasiones obtenerse de las agencias públicas.

Fotointerpretación

La fotointerpretación de imágenes aéreas comprende el análisis de pares estereoscópicos con el uso de un estereoscopio. Los rasgos delineados a partir de dicha interpretación se dibujan (trazan) en cubiertas de acetato. Los rasgos se delinean con base en las propiedades visuales del medio fotográfico, el cual incluye color, tono

y textura; y en los rasgos de los objetos capturados en las fotografías, tales como tamaño y forma de la copa de los árboles y diferencias en la altura del dosel.

Después de interpretar los rasgos, éstos se transfieren a un mapa base, el cual típicamente proviene de una imagen de satélite y se produce en la misma escala de la fotografía. Este es el paso de la transferencia de rasgos. La fotointerpretación siempre comprende una dimensión "hacer-un-mapa-de" y otra "hacer-un-mapa-sobre". En las EER es común trazar mapas de rasgos procedentes de fotografías aéreas sobre mapas base provenientes de imágenes de satélite, pero los rasgos pueden también trazarse sobre mapas producidos mediante SIG o mapas topográficos.

Los cambios de escala durante el proceso de transferencia de rasgos son poco deseables y no se recomiendan. Un transferoscopio *zoom* es un instrumento de proyección óptica que permite transferir rasgos con cambio de escala. Pero estos instrumentos son costosos y raramente se encuentran. Si se planea adquirir fotografías aéreas para una EER, la elección de la escala debe tomar en cuenta el evitar cambios de escala durante el proceso de transferencia de rasgos.

Videografía

Tanto la videografía como la fotografía digital representan tipos de imágenes relativamente nuevos que pueden utilizarse para las EER y otras aplicaciones de conservación. La videografía consiste en la toma de video desde un aparato de vuelo con una cámara especial. La cámara, cuando se monta en un portacámaras, puede adquirir imágenes casi verticales en formato análogo (no digital) de cinta de video. Dichas imágenes pueden observarse inmediatamente después del vuelo y aún durante el vuelo mismo. Los avances tecnológicos permiten hoy la integración de un receptor de GPS a la cámara de video, de tal forma que la localización de tomas individuales del video queda registrada.

El material para obtener estas imágenes no está disponible ampliamente y de manera comercial y además, es bastante costoso. Es posible digitalizar la cinta de video usando software capaz de capturar las tomas, pero esto requiere de aparatos de video especiales y de considerable experiencia técnica. El proceso de crear la imagen digital de un área mediante la captura digitalizada de tomas individuales de video que luego deben reagruparse a manera de mosaico es complicado y costoso y no se recomienda. Por lo tanto, la videografía no debe considerarse como fuente de imágenes para trazar mapas de áreas extensas o para el trabajo de clasificación de tipos de vegetación.

Sin embargo, la videografía puede ser una excelente herramienta de monitoreo de zonas, ya que la misma trayectoria de vuelo (típicamente los límites de un parque) pude repetirse en intervalos regulares. Aunque las imágenes resultantes no son digitales y por lo tanto no son adecuadas para el análisis por computadora, la cinta de video es sin embargo un registro visual permanente de la condición del terreno al momento del vuelo. Esto es útil para detectar la penetración humana en los parques, cambios en el uso de la tierra, construcción de caminos y veredas, etc. La videografía digital se encuentra cada vez más disponible.

Fotografía digital

Las cámaras digitales registran directamente a disco y se han convertido cada vez más populares desde que se inventaron a finales de la década 1990-2000. Son útiles para obtener un registro digital de la condición de un terreno al momento que se tomaron las imágenes, pero todavía no se utilizan ampliamente para elaborar mapas de vegetación. Un mosaico de fotografías digitales puede dar como resultado la imagen de un área, pero la imagen probablemente no será precisa en términos de su fotogrametría. Las fotografías aéreas estándar son fotogramétricas porque el plano se mantiene a una altura constante y el balanceo y giro del aparato de vuelo están relativamente controlados, lo que permite fotografías verticales. Este nivel de control de un aparato de vuelo está ausente en la mayoría de los vuelos con la misión de producir mapas, excepto en los más sofisticados.

Sin embargo, es muy útil emplear cámaras digitales en los sobrevuelos para adquirir imágenes de ciertas localidades punto. La cámara se enfoca en una orientación tan vertical como sea posible y las fotografías resul-

tan útiles para la fotointerpretación de otras imágenes subsecuentes. Tratándose de especies y comunidades la fotografía digital es extremadamente útil y se presta bien para la publicación de resultados en el informe final de la EER. Las fotografías digitales estáticas pueden también archivarse como registros de datos.

Sistemas de posicionamiento global

Un sistema de posicionamiento global (*Global Positioning System*—GPS) es una tecnología de geolocalización en la cual el operador del GPS usa un instrumento receptor para obtener coordenadas de localización precisa en cualquier parte de la Tierra. La tecnología de GPS se basa en una constelación de veinte a treinta satélites, los cuales emiten señales continuamente. Un receptor manual de GPS recibe estas señales y usa un método de triangulación matemática para determinar la posición del receptor. Las posiciones (coordenadas de localización) que se generan por el receptor son almacenadas en archivos; posteriormente estos datos pueden transferirse a un SIG.

El GPS es una tecnología espacial increíblemente útil y es la base para geolocalizar todos los datos reunidos en el campo y mediante sobrevuelos durante una EER. Cada equipo (de vegetación, fauna y cartográfico) necesita tener y utilizar receptores GPS al registrar cualquier dato en el campo o en el aire. Además de usarse para geolocalizar dónde se han colectado los especímenes o dónde se han registrado las observaciones, el GPS puede usarse para establecer puntos de control geográfico para rectificar las imágenes.

Operación de un GPS

Un GPS es relativamente fácil de entender y operar. Antes de utilizarse deben establecerse ciertos parámetros (ajustes críticos), los cuales se relacionan con el nivel de precisión deseado. Se identifican el sistema de coordenadas y el datum que se van a utilizar con el fin de que las posiciones obtenidas por el receptor GPS puedan relacionarse con los mapas disponibles para el área bajo estudio. La ubicación de posiciones se obtiene cuando el receptor está encendido y estas posiciones por lo general se capturan en un archivo para su posterior análisis y transferencia al SIG.

Fuentes de error en los GPS

Existen varias fuentes de error en los datos de un GPS, incluyendo errores del reloj del satélite, de la órbita del satélite, retrasos en la transmisión atmosférica, “ruido” en el receptor, señales reflejadas y disponibilidad selectiva (*Selective Availability*—SA). SA es un programa del Departamento de Defensa de los Estados Unidos que intencionalmente introduce error en la transmisión de señales con el fin de negar completa precisión de GPS a usuarios no autorizados. Cuando no se usa la corrección diferencial y para el tipo de receptores que generalmente se utilizan en el trabajo de campo para las EER, los errores típicos van desde 10 hasta 40 metros, pero pueden ser considerablemente mayores. Con la corrección diferencial, el rango de error generalmente se reduce de 5 a 15 metros.

Corrección diferencial

La corrección diferencial es una técnica para mejorar marcadamente la precisión de datos de posición mediante el uso simultáneo de dos receptores GPS. La corrección diferencial comprende la obtención de datos con un receptor GPS en una localidad conocida (llamada estación base) al mismo tiempo que se obtienen más datos en el campo con otro receptor GPS (llamado ambulante). Ya que el receptor en la estación base es estacionario y en una localidad conocida, puede determinarse la magnitud y dirección del error de disponibilidad selectiva. Tal error se resta de los datos del GPS ambulante.

El software distribuido con los receptores GPS puede ejecutar la corrección diferencial sin necesidad de gran experiencia por parte del analista. Existe hardware especial para el GPS de la estación base que simplifica

la recolección de datos de referencia, pero este material es relativamente costoso. Alternativamente, la mayoría de los receptores GPS pueden operar tanto en la modalidad de base como en la ambulante. La operación de un receptor GPS estándar en modalidad de base acarrea un conjunto particular de restricciones relacionadas principalmente con los límites de memoria y batería. Los receptores manuales pequeños pueden usar distintas fuentes de poder de batería (ej., tamaño AA, baterías recargables para cámara de video, etc.) y la duración de las baterías debe tomarse en cuenta para planificar el trabajo de campo. La cantidad de memoria disponible para almacenar archivos de puntos de localización en el receptor puede ser otra limitación y será necesario descargar archivos del receptor a la computadora para dejar espacio en la memoria del receptor.

Conclusión

Las tecnologías de SIG, GPS y sensores remotos son herramientas importantes para las EER. Su uso requiere la compresión de algunos conceptos geográficos básicos, particularmente sobre escala y unidad mínima de mapeo (MMU). El proceso de trazado de mapas en la EER, que utiliza estas herramientas y conceptos, se describe detalladamente en el siguiente capítulo.

Referencias bibliográficas

Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.* Oxford: Oxford University Press.

ERDAS, 1991. *Field Guide.* Atlanta, Ga.: ERDAS Inc.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). 1990. *Understanding GIS: The Arc/Info Method.* Redlands, Cal.: ESRI.

Lillesand, T. M. y R. W. Kiefer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons.

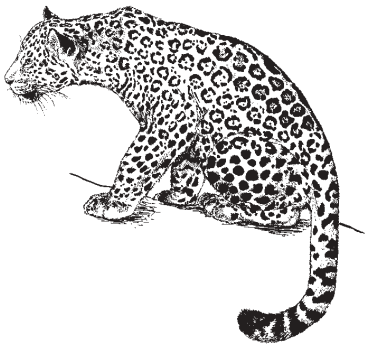
Maguire, D. J., M. F. Goodchild y D. W. Rhind. 1991. *Geographic Information Systems: Principles and Applications*. New York: John Wiley and Sons.

Paine, D. P. 1981. *Aerial Photography and Image Interpretation for Resource Management*. New York: John Wiley and Sons.

Snyder, J. P. 1987. *Map Projections - A Working Manual.* U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. Washington, D.C.: USGS.

Star, J. L., y J. E. Estes. 1990. *Geographic Information Systems: An Introduction.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

Capítulo 4



El proceso cartográfico de la EER

Roger Sayre y Stuart Sheppard

El capítulo anterior describió los conceptos geográficos básicos y su aplicación tecnológica a la conservación de la biodiversidad y a las EER. Las tecnologías de información espacial se definieron desde una perspectiva funcional y conceptual. Este capítulo describe en mayor detalle cómo, de hecho, estas tecnologías se usan para llevar a cabo las EER. Este capítulo va principalmente dirigido a especialistas en el trazado de mapas, que estarán a cargo del análisis espacial y la elaboración de mapas. Sin embargo, en otro nivel, el capítulo describe también un proceso que es fundamental para el concepto de la EER. Cualquier persona que desee comprender completamente lo que es una EER debe revisar este proceso.

Comenzaremos por definir el proceso cartográfico de la EER en general y por describir las dimensiones de planificación del esfuerzo cartográfico. Posteriormente describiremos el desarrollo de imágenes y conjuntos de datos en el SIG, seguido por una discusión acerca del paso de caracterización inicial del terreno y el desarrollo del plan de muestreo. Concluiremos la discusión con una descripción de los sobrevuelos y las operaciones de campo, así como el desarrollo de productos cartográficos. En el apéndice 4 incluimos un conjunto de diecisiete mapas a color, doce de los cuales presentan el desarrollo secuencial de los productos cartográficos de una EER usando como estudio de caso una EER efectuada en el Parque Nacional del Este, República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997). Los cinco mapas restantes presentan ejemplos de mapas producidos durante distintas EER.

Elaboración de mapas en una EER

En general, la elaboración de mapas en una EER se refiere a un conjunto complejo de actividades que incluyen las siguientes: adquisición de fuentes de datos tipo imagen, planificación y participación en los sobrevuelos, interpretación de imágenes, diseño de estrategias de muestreo, operación de instrumentos de geolocalización en el campo, capacitación de otros miembros del equipo en el uso de instrumentos de geolocalización, desarrollo de mapas del área de estudio para todos los miembros del equipo, asistencia en el análisis e interpretación de datos, desarrollo de mapas temáticos de los resultados, redacción de secciones relevantes del informe de la EER y generación de mapas con calidad para la presentación final y publicación de la EER. Los responsables de estas actividades son los especialistas en tecnologías espaciales (cartógrafos) que forman parte del equipo de la EER.

Efectuar estas actividades requiere un esfuerzo abrumador por parte de los cartógrafos de la EER, quienes son llamados para apoyar a los otros equipos de la EER en una variedad de aspectos. La elaboración de mapas en una EER es un proceso de integración de disciplinas que permite el análisis de datos sobre especies en el contexto de su hábitat y en relación con los datos sobre otras especies.

Planificación para la elaboración de mapas

La planificación cuidadosa del componente cartográfico de una EER es necesaria para asegurar que la calidad y relevancia de los esfuerzos de elaboración de mapas sean altas. Esta planificación debe involucrar a los administradores de proyecto, al equipo cartográfico y a representantes clave de los otros grupos profesionales, quienes deben estar preparados para discutir cualesquiera consideraciones especiales pertinentes a sus taxa o sujetos de estudio. Todos los miembros del equipo EER deben darse cuenta de que, aunque los miembros del equipo cartográfico son expertos en mapas, ellos no necesariamente saben qué debe representarse en un mapa. Los expertos en disciplinas científicas comúnmente esperan que el equipo cartográfico incluirá en un mapa todo lo que es de importancia, pero en realidad los cartógrafos necesitan instrucciones para determinar el contenido temático de los mapas. Se requiere un serio esfuerzo de planificación de la elaboración de mapas para permitir que la iniciativa cartográfica proceda sin tropiezos.

El plan de trabajo para la elaboración de mapas

Debe desarrollarse un plan de trabajo para elaboración de mapas que detalle claramente los requerimientos para esta actividad, la asignación de tareas, fechas de entrega, expectativas de los productos y estructuras administrativas. Al igual que los grupos profesionales taxonómicos, el equipo cartográfico debe designar a un líder. El equipo cartográfico trabajará para el beneficio del equipo completo de la EER y será llamado para apoyar muchas actividades, especialmente para la determinación de localidades de muestreo, planificación de sobrevuelos, operación del GPS, análisis espacial y elaboración de mapas. Debido a su alto grado de participación, el equipo cartográfico debe colaborar de manera proactiva con los otros equipos desde las etapas iniciales de planificación hasta el final. El plan de trabajo para la elaboración de mapas, por lo tanto, duplicará muchas de las actividades y productos delineados por los otros equipos de expertos y de administradores de proyecto.

Determinación de escalas

La escala utilizada durante el desarrollo de los datos (escala de trabajo) y la utilizada en la elaboración de productos cartográficos finales (escala de presentación) deben definirse muy temprano en el proceso de planificación. El equipo cartográfico debe tener influencia en esta decisión porque éste es el grupo más familiarizado con las escalas de imágenes y mapas existentes. Por lo general, la escala se decide en las etapas iniciales de planificación y debe mencionarse explícitamente en el contrato para la EER.

Es conveniente producir mapas en la misma escala que la de los mapas topográficos existentes de resolución más alta. Para muchas áreas existen series topográficas de resolución gruesa (comúnmente de 1:250,000 o 1:500,000) y de resolución fina (1:50,000 o 1:100,000); por lo general las escalas de 1:50,000 o 1:100,000 son adecuadas, especialmente para áreas extensas y relativamente desconocidas. Para mejores resultados, las comunidades vegetales deben trazarse a gran escala, tal como 1:24,000 o mayor, porque la discriminación de comunidades vegetales es más precisa y detallada. Con frecuencia, las unidades que pueden discernirse en mapas a gran escala (ej., 1:24,000), no se distinguen en mapas a escalas más pequeñas. Las unidades aptas para mapas en escalas pequeñas por lo general son agregaciones y generalizaciones de rasgos que eran evidentes en las imágenes de alta resolución.

Normalmente la escala de trabajo apropiada depende del tamaño del área bajo estudio y de los recursos disponibles. Por ejemplo, un área pequeña puede trazarse en escala relativamente grande. En general, la escala de trabajo debe ser lo suficientemente grande para permitir la clasificación de los rasgos (ej., tipos de vegetación), pero lo suficientemente pequeña para poder manejarse.

La escala de presentación generalmente es menor que la de trabajo. Es mejor imprimir mapas a una escala que permita trazar el área de estudio completa al mismo tiempo que se maximiza la anchura del instrumento de trazado. Si se puede presentar el nivel de detalle suficiente, es preferible producir un mapa único grande que varios paneles.

Requisitos de los mapas

Cada contrato y declaración de trabajo debe contener una descripción clara de los productos cartográficos finales y la elaboración de mapas debe dirigirse hacia la satisfacción de estas obligaciones. Es posible y frecuentemente tentador para los cartógrafos producir una amplia variedad de éstos, debido a las vastas cantidades de datos generados durante una EER. Aunque es inevitable producir algunos mapas intermedios y otros con fines de exploración de datos, los cartógrafos deben trabajar principalmente en la elaboración de aquellos mapas especificados en el contrato. Producir mapas es costoso y prolongado y los científicos de la EER frecuentemente tienden a pedir un número de mapas innecesarios. No se recomienda la elaboración de mapas adicionales a los especificados en el contrato a menos que sea necesario. Los tipos de mapas que típicamente se elaboran en las EER se describen más adelante en el capítulo.

El número exacto (copias), escala, tamaño, colores, contenido temático, información de georreferencia y otros elementos de los mapas, deben especificarse en el contrato. El contrato debe también especificar claramente cómo acreditar a las fuentes de información y qué logotipos de instituciones participantes y de apoyo financiero deben aparecer.

Construcción de la base de datos para el SIG

Para cada EER se construye una extensa base de datos de capas múltiples, lo cual permite realizar análisis espaciales y elaborar los mapas. La base de datos del SIG es la base de datos maestra para la EER y contiene todos los datos geográficos y atributos necesarios para el despliegue y análisis espacial de cada tema de importancia. Es posible que los especialistas de cada disciplina decidan mantener también sus propias bases de datos, independientemente de la base de datos maestra para la EER, con el fin de rastrear información más descriptiva que generalmente no se puede visualizar (ej., información escrita extensa o campos de tipo memorándum). Cada capa individual debe construirse a partir de la mejor fuente de datos disponible en la mayor resolución espacial que sea manejable. Muchas capas de datos en una EER tendrán que generarse digitalizando la información a partir de mapas impresos. Otras capas de datos se podrán obtener en formato digital. Para la elaboración de mapas tipo vector, cada capa representa un tema biológico, físico o social. Cada capa del SIG debe contener un solo tema; nunca deben mezclarse temas diferentes (ej., caminos y ríos) en la misma capa de datos.

La siguiente es una lista de capas de datos temáticos que típicamente se capturan y utilizan como información de entrada para la EER:

- Límites del área de estudio
- Ubicación regional del área de estudio
- Formaciones geológicas
- Suelos
- Contornos altitudinales
- Isoyetas de precipitación
- Hidrografía de ríos/superficial
- Caminos/Veredas
- Poblaciones
- Uso/Cobertura de la tierra
- Unidades políticas o administrativas

- Zonificación existente
- Tenencia de la tierra

Las capas del SIG que típicamente resultan de la ejecución de una EER incluyen las siguientes:

- Localidades de muestreo
- Comunidades vegetales
- Localizaciones de especies
- Areas críticas para la conservación de la biodiversidad
- Zonificación propuesta
- Amenazas

La bitácora del proyecto

Una bitácora de proyecto para SIG y/o elaboración de mapas que se inicia en las primeras etapas de planificación de la EER servirá para mantener la documentación sobre actividades cartográficas, diccionario de datos, antecedentes de toma de decisiones, referencias de mapas y otra información relevante. La bitácora del proyecto debe estructurarse de la siguiente manera: (1) Descripción del proyecto EER y perspectivas para la elaboración de mapas, (2) Recursos para el proyecto (personal, material, software), (3) Diccionario de datos, (4) Memoranda y correspondencia, (5) Contactos y (6) Mapas. El diccionario de datos es la parte más importante de la bitácora. Está organizado en capas y debe proveer la siguiente información: (1) Nombre/tema, (2) Fecha de creación, (3) Individuo responsable, (4) Escala de elaboración, (5) Información fuente (origen, fecha, fuente primaria, proyección, datum, sistema de cuadrícula, número de serie, etc.), (6) Definiciones y valores del artículo/variable, (7) Secuencia de creación de capas, (8) Errores en el registro de mapas y (9) Notas.

Se recomienda diligencia en el mantenimiento de la bitácora, porque ésta invariable y frecuentemente se consulta durante y después del proyecto. Debe hacerse una copia de la bitácora al terminar el proyecto para archivarse junto con los mapas, informes y conjuntos de datos digitales.

Análisis de imágenes

Después de la planificación preliminar de los mapas, el desarrollo de un plan de trabajo para la elaboración de mapas y la iniciación de la bitácora para el proyecto SIG y la elaboración de mapas, el equipo cartográfico estará listo para comenzar el análisis de imágenes y la fase de caracterización inicial del terreno. Cada EER se basa fundamentalmente en la interpretación de tipos de vegetación a partir de las imágenes (ya sea fotografías aéreas o imágenes de satélite), los cuales posteriormente se trazan en mapas, verifican en el campo y se estudian para determinar la biodiversidad de comunidades y especies. Esta dependencia de las imágenes distingue a la EER de otras evaluaciones rápidas de la biodiversidad y pone prioridad en la delineación de tipos de vegetación como unidades de manejo.

En lo que se refiere a imágenes de satélite en una EER, el proceso de análisis de imágenes anterior al trabajo de campo consiste en la adquisición de imágenes, rectificación, mejoramiento, interpretación e impresión en papel. Para la fotografía aérea el proceso incluye adquisición, interpretación y transferencia de los polígonos interpretados a un mapa base.

Adquisición de imágenes

La adquisición de imágenes para una EER comprende un estudio detallado de imágenes disponibles y consideración de los recursos con que se cuenta. En el capítulo anterior se discutió la adquisición de imágenes en general; lo que sigue a continuación son algunos consejos prácticos para adquirir fotografías o imágenes de satélite. Las imágenes siempre deben obtenerse de un proveedor profesional. La fotografía aérea que no está ya

disponible debe comisionarse sólo a especialistas con buena reputación. Los miembros del equipo cartográfico no deben contemplar adquirir las imágenes por sí mismos, aún cuando existen un número de sensores disponibles que permiten la adquisición de datos desde aviones. A menos que el vuelo se planifique y lleve a cabo de acuerdo a estándares rigurosos, las fotografías resultantes no serán fotogramétricas.

Para comisionar una misión de sobrevuelo el comprador debe contactar al proveedor, proporcionar un mapa del área que se va a sobrevolar, especificar el tipo de imágenes (infrarrojas, en color natural o blanco y negro) y especificar la escala deseada. Enseguida el proveedor prepara una oferta o estimación del trabajo. Se recomienda obtener varias ofertas. Si el proveedor tiene que viajar una distancia considerable para llegar al área de estudio y particularmente si el viaje es internacional, una cuota de movilización constituirá parte del costo estimado. Usualmente la cuota de movilización constituye un costo significativo, el cual no se devuelve si se presenta una situación en la que condiciones climáticas adversas evitan la obtención de fotografías satisfactorias. En la oferta y el contrato se indica un periodo de tiempo, usualmente de 10 días a dos semanas, en el cual el proveedor volará la misión o esperará que haya mejor clima si éste lo mantiene en tierra. Al terminar este periodo el proveedor puede regresar al lugar de origen, ya sea que haya obtenido o no un juego completo de fotografías. Es probable que se cargue otra cuota de movilización para el viaje de regreso. Este es un proceso operativo estándar, pero los proveedores pueden estar dispuestos a extender el periodo de tiempo o reducir o eliminar una segunda cuota de movilización. Es útil tener una buena habilidad para negociar durante esta discusión entre el comprador y el proveedor.

Cuando se llega a un acuerdo en los términos, el proveedor y el comprador realizan un contrato. El contrato debe mencionar claramente las especificaciones para las fotografías así como la manera de disponer de los rollos (revelarlos como negativos, cintas de nueve pulgadas, etc.). Es siempre útil tener un conjunto de impresiones tanto para la interpretación como para propósitos de archivo.

Las imágenes de satélite se entregan en discos compactos (CD) o en cintas de 8 milímetros. El tamaño del archivo de escenas únicas en multibandas es típicamente grande. Los datos de escenas se descargan del medio de entrega al disco duro para su análisis subsiguiente.

Rectificación de imágenes

Las fuentes de imágenes raramente se entregan con un nivel satisfactorio de precisión geográfica y generalmente necesitan rectificarse. Las fotografías aéreas en papel no tienen georreferencia y no están rectificadas (aunque pueden pasarse por un escáner, rectificarse e integrarse en mosaico usando software para procesamiento de imágenes). La fotografía aérea digital usualmente está disponible para comprarse en los Estados Unidos como ortofotocuadrantes digitales, pero esta fotografía rectificada raramente existe para muchas naciones tropicales o en desarrollo.

La rectificación de imágenes de satélite requiere de un conjunto completo de mapas topográficos de buena calidad, de otra imagen similar previamente rectificada, de un modelo de elevación digital (*digital elevation model*—DEM) o de un conjunto de puntos de control en la tierra obtenidos con GPS. El procedimiento más común de una EER es la rectificación de imágenes de acuerdo a mapas topográficos. El proceso comprende el registro del mapa topográfico en el digitalizador, despliegue de la imagen en la pantalla, búsqueda de puntos de control (marcas visibles en el mapa y en la imagen) y establecimiento de la localización del punto de control en la imagen usando la localización conocida del punto en el mapa registrado. Cuando las localizaciones de varios puntos de control han sido establecidas en la imagen, se ejecuta una transformación matemática para aplicar la información de localización a través de toda la imagen. Enseguida, la imagen se georreferencia y se puede ya obtener la posición geográfica de cualquier localidad en la imagen.

Después de georreferenciar la imagen, ésta puede imprimirse y la copia impresa se interpreta manualmente. Antes de imprimir la imagen, deben elegirse las bandas que se utilizarán. Para aplicaciones a la vegetación terrestre, las combinaciones de bandas en color natural (ver mapa 1) son menos adecuadas que las combinaciones en infrarrojo (ver mapa 2). Para imágenes de Landsat, las bandas elegidas y la secuencia en que se muestran en los canales de color rojo, azul y verde usualmente son 4, 5 y 3. Para imágenes multiespectrales SPOT las ban-

das y secuencia normalmente usadas son 3, 2 y 1. Luego, un número de comandos en el software procesador de imágenes permite mejorar la imagen (mejoramientos de contraste) antes de imprimirla. Siempre debe aplicarse una cuadrícula de georreferencia antes de la impresión. La cuadrícula más adecuada es, por lo general, la de un kilómetro cuadrado en UTM (*Universal Transverse Mercator*) en blanco o negro. La cuadrícula es crítica, porque permite geolocalizar con precisión las posiciones del campo que aparecen en la imagen.

Interpretación de imágenes

La interpretación manual (visual) de las imágenes o fotografías aéreas impresas es un procedimiento estándar en la EER debido a la complejidad de la clasificación de imágenes digitales, la cual requiere tanto de tecnología como de experiencia. Es necesario un estereoscopio para interpretar las fotografías aéreas. Estas se interpretan en pares estereoscópicos, los cuales son fotografías adyacentes adquiridas en forma sucesiva en la misma línea de vuelo. Uno de los pares estereoscópicos se inserta en una cubierta de acetato, sobre la cual se trazan las unidades de vegetación observadas en estéreo a través de los lentes, utilizando una pluma fina rapidográfica. Los tipos de vegetación se distinguen uno del otro con base en diferencias en la altura del dosel (el discriminante primario), color, tono, textura, tamaño y forma de las copas (discriminantes secundarios).

Interpretar imágenes de satélite manualmente es similar a interpretar fotografías aéreas, pero la interpretación manual carece de la dimensión estéreo. Por lo tanto, las diferencias estructurales en el dosel de comunidades vegetales no son aparentes y las diferencias espectrales asumen gran importancia para la discriminación. Una hoja de acetato o película Mylar se fija a la imagen, los puntos de georreferencia se marcan, y las comunidades visibles en la imagen se trazan sobre el estrato usando un marcador rapidográfico delgado.

Para obtener una familiarización general con el material, tanto las fotografías como las imágenes de satélite deben observarse detalladamente antes de dibujar los polígonos sobre el estrato. Deben notarse los rasgos generales del terreno, diferentes elementos espectrales, sistemas topográficos e hidrográficos y conteos preliminares de comunidades naturales únicas o sistemas de cobertura terrestre. La calidad de la interpretación es, en cierta manera, proporcional a la familiaridad que se tiene con la imagen.

Durante esta fase de familiarización debe decidirse el tamaño de la unidad mínima de mapeo (MMU) (ver también el capítulo 3). Dicha decisión debe tomar en cuenta la practicalidad y el manejo. Con frecuencia, es tentador establecer la MMU como el área interpretable más pequeña de la imagen, pero esto puede resultar muy ambicioso y lento y el nivel de detalle obtenido puede exceder los requerimientos de manejo. La MMU elegida debe registrarse en la bitácora del proyecto junto con los criterios para la toma de decisiones y la fórmula que relaciona el área de la MMU en una imagen con el área terrestre real (una simple conversión de escalas).

Implementación de la caracterización inicial del terreno

La delineación inicial de los tipos de vegetación a partir de las imágenes que constituyen la fuente de datos se llama “Caracterización Inicial del Terreno” (CIT). La CIT, anteriormente descrita en el capítulo 1, se implementa por los equipos de vegetación y cartográfico. Es el paso en el cual se interpretan las imágenes (manualmente por lo general) para producir el mapa de polígonos desconocidos (figura 1-1, mapas 3 y 6). El número máximo de tipos de vegetación únicos se evalúa revisando las imágenes y destacando ejemplos de cada muestra espectral o de textura distinta. Es conveniente establecer un sistema de identificación de clases para el número en juego y marcar los ejemplos modelo de cada clase en la imagen misma, usando notas de papel semiadhesivo para etiquetarlos. Alternativamente, si existen dos conjuntos de imágenes disponibles y uno de ellos puede sacrificarse destructivamente, es muy útil establecer una clave de identificación de clases cortando (ya sea en forma manual o digital) ejemplos puros del tipo de clase y adhiriéndolos a una clave o leyenda junto con el código numérico de clase.

Delineación y etiquetado de rasgos

Una vez que todos los distintos tipos de polígonos se han establecido y codificado comienza la interpretación de la imagen completa (o del área relevante de la imagen). Para asegurar consistencia, la interpretación debe implementarse por un individuo o grupo pequeño de personas. Las líneas que muestran los límites de polígonos deben dibujarse tan delgadas y sólidas como sea posible para facilitar los esfuerzos futuros de digitalización. Las líneas de intersección deben ser limpias y todos los polígonos deben cerrarse. Los polígonos que son más pequeños que la MMU no deben delinearse, a menos que haya circunstancias especiales que den importancia a la captura de tal información.

Cada polígono debe etiquetarse. Las etiquetas deben ser lo más simple posible, pero pueden incorporar variados tipos de información. Por ejemplo, un código para etiquetado de cinco dígitos podría representar lo siguiente: el primer número indica la región de muestreo, el segundo y tercero se refieren al tipo de unidad de vegetación y el cuarto y quinto al polígono de identificación. Usando esta nomenclatura de etiquetado, un polígono con etiqueta de identificación “32715” se referiría al quinceavo ejemplo del tipo de clase 27 en la región de muestreo número 3. Es importante mantener un sistema de etiquetado simple y evitar la tentación de empacar toda la información descriptiva posible en una etiqueta; este atributo informativo para cada polígono se puede rastrear fácilmente en el SIG y no requiere ser parte del sistema de etiquetado.

Los equipos de expertos deben contar con muchas oportunidades para observar y comentar sobre la actividad de la CIT mientras que ésta se desenvuelve. El equipo cartográfico usualmente tiende a discriminar en exceso cuando traza los polígonos (separación máxima de clases basadas en la singularidad espectral y de textura), pero los equipos de expertos frecuentemente han tenido experiencias anteriores en el área y pueden brindar información sobre los números y tipos de clases. En muchas ocasiones la opinión de estos expertos da como resultado una combinación de clases que reduce el número de tipos de clases. La verificación de campo subsiguiente también altera el número de tipos de clases; es común combinar clases, pero también ocurre que éstas se dividen.

Los límites de los polígonos deben capturarse con el mayor detalle posible. Se desalienta la generalización extensa de los límites. Una tendencia común es la de querer generalizar los rasgos en las imágenes para reducir el esfuerzo de trabajo, especialmente dada la realidad ecológica de que las comunidades naturales casi nunca están claramente separadas. Sin embargo, siempre resulta dañino a la credibilidad del análisis cuando la interpretación de los límites de polígonos no coincide lo mejor posible con la capa SIG de polígonos sobrepuesta en la imagen.

En un momento dado después de completar la CIT, los polígonos serán digitalizados a un SIG, pero existe aún la necesidad de tener una lista de todos los polígonos del área de estudio en una hoja tabular. Aunque la lista puede producirse desde el SIG, por lo general se genera separadamente para mayor rapidez y para permitir discusiones sobre el plan de muestreo antes de que la capa de SIG se haya construido.

El trabajo de la CIT es prolongado y puede tomar varias semanas. Este trabajo debe completarse antes de los talleres de planificación y capacitación. Un plan de muestreo no puede concluirse sin el mapa de polígonos que resulta de la CIT.

Desarrollo del plan de muestreo

El mapa de polígonos y la lista en hoja tabular de los polígonos individuales por tipo de vegetación que se producen durante la caracterización inicial del terreno son utilizados por los equipos de muestreo de vegetación/florístico y de animales para desarrollar el plan de trabajo. Usualmente se llega a un acuerdo para el plan de muestreo mediante consenso de grupo, en el cual los equipos participantes se reúnen alrededor de los mapas de polígonos. Si se van a interpretar varias hojas adyacentes se requiere de una mesa grande o de una superficie plana y limpia para desplegar todas las hojas de mapas de polígonos. La lista de localidades de muestreo se construye mediante la inspección visual de estos mapas y no por una fórmula matemática o una rutina de selección del SIG.

Como se mencionó en el capítulo 1, el plan de muestreo se desarrolla mediante la determinación del número de polígonos réplica en cada tipo de vegetación de cada una de las regiones que deben muestrearse. Como mínimo absoluto debe visitarse un ejemplo de cada tipo de vegetación en cada región. Al elegir las unidades de muestra debe tomarse en cuenta la accesibilidad, porque pueden muestrearse más unidades si éstas son fácilmente accesibles. No obstante, es insensato tomar muestras sólo en lugares cercanos a los caminos. Si existen recursos suficientes para tomar ejemplos múltiples (réplicas) del mismo tipo de vegetación, deben elegirse unidades de vegetación relativamente dispersas a través de la región de muestreo en lugar de aquéllas altamente agrupadas en una o dos áreas.

Muestreo de vegetación

Al elegir unidades de muestreo deben considerarse dos niveles de intensidad de muestreo. El primer nivel se relaciona con las unidades que se van a muestrear para identificar o verificar el tipo de vegetación. El equipo de vegetación conduce este muestreo, que sirve para mejorar la clasificación y trazado de mapas de la unidades del terreno. Este tipo de muestreo es guiado por el principio de que a mayor número de unidades muestreadas se logrará una mayor precisión en la clasificación. Como resultado de esta filosofía el equipo de vegetación típicamente quiere continuar moviéndose a nuevas regiones de muestreo, lo cual presenta un problema para el equipo de fauna, que por lo general desea pasar más tiempo en menos localidades debido a la necesidad de colocar trampas, entre otras razones.

Muestreo de fauna

Esta diferencia en los requerimientos para la toma de muestras produce un segundo nivel de muestreo—principalmente para el inventario de fauna—que es un subgrupo de las unidades muestreadas por los especialistas en vegetación. Los estudios de fauna son intensivos en cuanto al tiempo, lo cual limita la habilidad de tener varias regiones réplica de estudio dentro de clases de polígonos. Sin embargo, el equipo de fauna debe siempre muestrear unidades donde el equipo de vegetación ha verificado las comunidades vegetales. Esto es necesario para poder relacionar la información sobre especies proveniente de estudios de fauna con los tipos de vegetación.

La distinción entre los dos niveles de muestreo debe comprenderse y acordarse por todos los equipos. Es importante indicar claramente en la lista tabular de polígonos cuáles polígonos se van a muestrear sólo para trabajo de clasificación y cuáles con ambos fines, el de verificar la clasificación y el de generar información sobre especies. La participación de los grupos completos en la selección de localidades de muestreo ayudará a evitar situaciones en las que los equipos individuales determinan su propias localidades de muestreo, causando que regiones distintas se investiguen por grupos distintos. Debe hacerse todo lo posible por asegurar que todos los equipos tomen muestras en las mismas unidades y que dichas unidades se hayan muestreado para verificar la clasificación. No se aconseja la autonomía en la decisión de localidades de muestreo porque generalmente reduce la calidad general de la EER.

Después de lograr un consenso sobre los polígonos de muestreo, el equipo cartográfico proporciona una lista maestra a cada grupo. Cada grupo incorpora esta lista de regiones de muestreo a su plan individual de trabajo, junto con una lista de fechas de muestreo. Las fechas deben también determinarse por el grupo completo. Logísticamente es importante tener una declaración de cuándo cada equipo trabajará en el campo. No es necesario, pero con frecuencia es lo más apropiado logísticamente, que los grupos de campo acudan a las mismas localidades simultáneamente. El equipo cartográfico debe elaborar el documento general del plan de muestreo que describe las decisiones tomadas y detalla la lista de unidades de muestreo y periodos de trabajo propuestos. Este documento debe presentar estadísticas descriptivas básicas que detallen el número y porcentaje de polígonos en cada tipo de vegetación—para el área de estudio completa y para los subgrupos de regiones de muestreo—que se van a muestrear. Este documento debe ser lo más conciso posible.

El sobrevuelo

Después de la selección de polígonos de muestra, pero usualmente antes del trabajo de campo, se conduce un sobrevuelo. El propósito del sobrevuelo es proveer familiaridad general con el área de estudio y reunir datos valiosos sobre el número y localización de comunidades vegetales. Los sobrevuelos revelan características interesantes del área de estudio que no siempre se pueden discernir durante la interpretación de imágenes. Si las imágenes no son actuales, los sobrevuelos pueden también ofrecer una idea de cómo ha cambiado el terreno desde que la imagen se adquirió. La información obtenida de los sobrevuelos frecuentemente sirve para mejorar la caracterización inicial del terreno y da como resultado la modificación del plan de trabajo.

Planificación del sobrevuelo

Los sobrevuelos deben planificarse excepcionalmente bien porque son altamente orquestados, cortos y generalmente resultaría muy costo repetirlos. De ser posible, se recomienda un ensayo del sobrevuelo para asegurar que la comunicación y los roles de recolección de datos del equipo de vuelo se comprendan. El sobrevuelo no debe considerarse como un simple vuelo, sino como una seria misión de adquisición de datos que producirá información extremadamente importante para digitalizar la clasificación y el trazado de mapas.

Los sobrevuelos usualmente consisten de cerca de seis personas que deben seleccionarse cuidadosamente y que por lo común son los líderes de los equipos (expertos en elaboración de mapas, en vegetación, en zoología y el líder del proyecto). El experto en mapas es responsable de la planificación del sobrevuelo, operación del GPS e incorporación de datos en el SIG. Esta persona maneja el GPS que pertenece al equipo de sobrevuelo, no el GPS del aparato de vuelo. Los otros individuos son responsables de registrar observaciones y uno de ellos es responsable de tomar un registro fotográfico del vuelo. Todas las observaciones y fotografías se georreferencian usando el GPS.

Por lo general la avioneta o helicóptero se renta, pero en ocasiones es proporcionado sin costo por los gobiernos o fuerzas militares. Debe pedirse el historial del piloto y juzgarse impecable a fin de contratarlo. Seleccionar un aparato de vuelo implica varias consideraciones, pero por lo general el costo y la disponibilidad limitan la elección. Los helicópteros son excelentes para sobrevuelos por su habilidad de permanecer inmóviles en el aire, pero el ruido y viento excesivos pueden ser un problema para la comunicación y el registro de observaciones. El uso de radios auriculares para la comunicación en helicópteros eleva ligeramente el nivel de complejidad del sobrevuelo, pero esto es necesario para la comunicación. Se recomienda, de ser posible, que se practique el uso de estos instrumentos antes de despegar.

Los aviones de alas fijas comúnmente se pueden rentar para una EER. Por propósitos de visibilidad, los aviones con alas sobre la puerta se prefieren a los de alas bajas. Se puede elegir entre aviones monomotor o bimotor. Por lo general, los bimotores se consideran más seguros en casos de falla del motor, pero también se ha sugerido que la falla de uno de los motores en un avión bimotor causa una fuerza de desequilibrio tremenda que es muy difícil de controlar. Los aviones monomotor pueden ser menos capaces de lograr suficiente altitud rápidamente para evadir montañas altas. Antes de seleccionarse, el aparato de vuelo debe ser inspeccionado para detectar señales obvias de falta de reparaciones o mantenimiento incompleto. Previamente al despegue debe verificarse que el tanque de combustible del aparato de vuelo esté lleno.

El curso de vuelo debe predeterminarse por el equipo de sobrevuelo usando el mapa de polígonos y la imagen subyacente. Dicho curso debe elaborarse de tal forma que se vuele sobre un número máximo de clases distintas de polígonos y debe dibujarse sobre el mapa de polígonos. Asimismo, deben registrarse en una lista las coordenadas de localización de varios extremos de segmentos de la ruta de vuelo. Esta lista de puntos de sobrevuelo deseables debe proyectarse en coordenadas de latitud y longitud y presentarse al piloto durante la etapa de negociación del aparato de vuelo. El sistema de navegación del aparato de vuelo frecuentemente incluye un GPS; en este caso, los puntos de sobrevuelo deseados pueden programase en dicho sistema. El piloto entonces es capaz de volar sobre estas localidades predeterminadas sin la asistencia del equipo de sobrevuelo.

Sin embargo, lo que ocurre más comúnmente es que el piloto no conoce con precisión el sistema GPS del aparato de vuelo y aunque puede programar un punto alfa (un destino), es probable que el o ella no sepa cómo programar una ruta de segmentos. En este caso, el experto en mapas necesita aconsejar al piloto sobre dónde volar y para ello debe revisar constantemente el GPS del equipo de sobrevuelo, tomando en cuenta la posición del aparato de vuelo en la imagen y dirigiendo al piloto hacia donde debe proceder. Es desafiante dirigir el vuelo en curso y al mismo tiempo registrar los datos del GPS para los observadores.

El empleo de un GPS durante un sobrevuelo requiere el uso de una antena GPS externa. Esta antena puede colocarse en el tablero del aparato de vuelo, lo cual es comúnmente suficiente para obtener datos de posición. Sin embargo, en el tablero del aparato de vuelo la antena no puede recibir señales de todos los satélites con GPS que pueden estar disponibles, debido a la obstrucción de las mismas por el techo y cuerpo del aparato de vuelo. Las antenas montadas en el tablero sólo pueden recibir señales de los satélites con GPS en el horizonte frontal. Para mejorar la recepción de señales y optimizar la triangulación desde la mejor constelación de satélites, es útil montar la antena externa en algún lugar encima del aparato de vuelo y encontrar una manera segura y adecuada de correr el cable hacia dentro del aparato de vuelo. Las montaduras de rosca que permiten que la antena se atornille a alguna estructura saliente de la parte superior del aparato de vuelo son generalmente seguras.

Recolección de datos

Los datos del GPS se obtienen durante un sobrevuelo abriendo un archivo y registrando datos de posición en este archivo a intervalos apropiados (cada 5 segundos es generalmente adecuado). El trazado de estas posiciones después del sobrevuelo es una representación exacta del curso real de vuelo durante la misión. Aunque las posiciones se registran automáticamente a intervalos regulares, el operador del GPS también almacena localizaciones de puntos intermedios según lo solicitan los observadores. Un observador nota algo de interés y pide un punto intermedio. El operador almacena el punto intermedio y se lo dice al observador, quien enseguida toma notas que quedan marcadas mediante la localización de un punto intermedio. Es posible que el observador prefiera usar una grabadora para registrar su voz en lugar de tomar notas, pero la petición del punto intermedio y el procedimiento de almacenamiento son los mismos. El fotógrafo también solicita puntos intermedios para geolocalizar las fotografías. Si el fotógrafo dispara tomas, continuamente se almacenan puntos intermedios que corresponden a rollos fotográficos, ya que no es posible almacenarlos para cada fotografía individual. Sin embargo, en la toma discontinua de fotografías se marca la localización de las tomas individuales con puntos intermedios. Los puntos intermedios quedan contenidos en el archivo, que está registrando localizaciones de posición continuas. Uno de los mapas que forman parte del mapa No. 14 representa el curso de vuelo registrado con GPS durante el sobrevuelo de la EER.

Después del vuelo, los datos del GPS se descargan a una computadora. Si existen datos disponibles de la estación base para el periodo durante el cual se condujo el sobrevuelo, éstos se utilizan para la corrección diferencial de los datos del sobrevuelo. Se recomienda con insistencia que los datos del sobrevuelo se corrijan diferencialmente. En ocasiones esto requiere dejar un receptor GPS en la pista de vuelo (si es posible en una localización conocida) operando en modalidad de base durante el vuelo. A continuación, los puntos GPS corregidos se importan al ambiente del SIG y se trazan para el trabajo de clasificación.

Geolocalización en el campo con GPS

Después de discutir los resultados del sobrevuelo y de que el sistema de clasificación y el plan de muestreo se han modificado correspondientemente, se inicia la fase de inventario. Todos los datos obtenidos en el campo deben estar georreferenciados con precisión y el experto en mapas debe ir a algunas de las expediciones de campo para asegurar que los equipos de campo sepan cómo localizar apropiadamente sus posiciones de campo en las imágenes y registrar correctamente las coordenadas del GPS cuando estén en las localidades de muestreo. Cada equipo debe adquirir habilidad en el uso del GPS.

Antes de iniciar el trabajo de campo, las imágenes y el mapa de polígonos deben prepararse para su uso en el campo. De ser posible, ambos deben reproducirse para evitar el uso de fuentes originales de datos en el campo. Las imágenes, mapa de polígonos y series de mapas topográficos (si están disponibles) deben laminarse para aumentar su durabilidad. El laminado puede comprarse en la mayoría de los centros de copiado o puede usarse plástico transparente del tipo usado para cubrir anaqueles. Lo ideal es proporcionar un conjunto de estos tres materiales a cada equipo de campo.

Investigación de campo con GPS

En el campo, el GPS se utiliza para determinar la posición real sobre la Tierra. Esta ubicación con coordenadas puede encontrarse fácilmente en la imagen, si ésta se ha rectificado adecuadamente e impreso en cuadrícula de resolución fina (1 kilómetro cuadrado). Si el mapa de polígonos se superpone en la imagen, la localización en el terreno puede identificarse de la misma manera en el mapa de polígonos. Si el mapa topográfico carece del mismo sistema de cuadrícula, puede resultar más difícil encontrar una posición en dicho mapa.

La recolección de datos de GPS para cualquier localización de punto en el campo consiste en abrir un archivo, registrar posiciones automáticamente en tal archivo y cerrar el archivo. No es necesario almacenar puntos intermedios en el campo, a menos que sea necesario visitar nuevamente un punto de muestreo durante la expedición. Frecuentemente, el nombre predeterminado del archivo es un sello de tiempo numérico que indica cuándo se inició el archivo. Aunque el nombre del archivo puede cambiarse por otro que el usuario especifique, ésta práctica se desalienta para evitar la pérdida de información. El archivo debe dejarse abierto el tiempo suficiente para registrar, por regla general, de treinta a cincuenta posiciones. Los datos de posición obtenidos con GPS se transfieren como archivos a través de un cable. Subsiguientemente, estos datos se corrigen diferencialmente (si es posible) y se promedian para obtener una localización en coordenadas. Luego, los datos se importan a un SIG para desplegarse y analizarse.

Se recomienda tomar una fotografía en la localización exacta del punto GPS. Esta fotografía puede ser muy útil para refinar la clasificación de comunidades vegetales. Las fotografías georreferenciadas tomadas en cada localidad de muestreo pueden constituir un inapreciable inventario fotográfico y archivo de base para la región de estudio de la EER. La fotografía digital puede lograrse fácilmente e incluirse en informes y presentaciones.

El dosel de bosque denso y alto puede dificultar la recepción de señales. Las aberturas del dosel causadas por la caída de árboles son, por lo general, mejores sitios para la operación del GPS. Aunque es virtualmente imposible emerger sobre los altos doseles de la selva tropical, la antena externa puede elevarse por encima del dosel del sotobosque y esto ha mejorado dramáticamente la recepción de señales durante muchas EER. Los fabricantes de instrumentos GPS venden astas telescópicas para este propósito, pero éstas generalmente son muy costosas. Alternativamente y a muy bajo costo, puede usarse una asta telescópica de aluminio para pintar (para pintura por rodillo de casas o edificios de dos pisos), la cual puede arreglarse para adaptar la montura de tornillo de la antena externa. Al fijar la antena a dicha asta y elevarla tres o cuatro metros, por lo general puede colocarse por encima del sotobosque y permitir una recepción de señal que no era satisfactoria a nivel de mano.

La travesía en el campo debe realizarse usando una brújula y un mapa topográfico. En la mayoría de las situaciones de una EER no es práctico orientarse con el GPS a nivel del terreno y es mucho más fácil calcular una distancia y trazar un horizonte con una brújula y un mapa. El GPS puede entonces usarse en destinos intermedios o finales para comprobar si se ha alcanzado el punto de muestreo o destino deseado.

Identificación y verificación de tipos de vegetación

Las visitas de campo a localidades predeterminadas dentro de polígonos de muestreo identificados, seguidas por la recolección de datos sobre la estructura y composición de la vegetación constituyen el paso de identificación y verificación de tipos de vegetación. En general, este paso consiste en establecer localidades punto de muestreo e identificar especies de árboles, pero puede también incluir medidas de la vegetación. La geolocalización con ayuda del GPS se emplea para asegurar que el equipo de campo realmente se encuentra en la

localidad predeterminada o por lo menos definitivamente dentro del polígono que se va a muestrear. El mapa No. 8 muestra la delineación de regiones de muestreo y las localidades punto de muestreo derivados del GPS. Por lo general el muestreo de grupos de fauna se lleva a cabo en estas mismas localidades. La cantidad y tipo de datos reunidos para identificar los tipos de vegetación y el método para tomar esta determinación, se describen en el siguiente capítulo.

Clasificación posterior al trabajo de campo

Al terminar el trabajo de campo, todos los polígonos no muestreados se etiquetan con nombres de tipos de vegetación mediante la correlación de sus reflectancias espectrales con las de los tipos de vegetación conocidos (visitados). Este proceso se conoce comúnmente como clasificación supervisada y se logra mediante un algoritmo de clasificación en un sistema de procesamiento de imágenes (cuando se trabaja con la imagen) o un algoritmo de recodificación en un SIG (cuando se trabaja sólo con polígonos tipo vector previamente interpretados en la imagen). Esta actividad da como resultado la clasificación de cada uno de los polígonos. El equipo de estudio de la vegetación debe estar presente durante esta labor, porque ellos estarán familiarizados con los terrenos que se clasifican, a diferencia de los cartógrafos, quienes habrán pasado menos tiempo en el campo. Algunos polígonos estarán erróneamente clasificados al asignar a la misma unidad dos o más tipos de vegetación muy diferentes, pero con reflectancias espectrales similares. El subsiguiente mejoramiento de la precisión de la clasificación puede lograrse a través de trabajo de campo adicional.

Elaboración de mapas

Lo típico en una EER es que se elaboren muchos mapas. Estos mapas documentan los esfuerzos de muestreo, presentan los resultados y, con frecuencia, prescriben las estrategias de manejo.

El mapa de tipos de vegetación

El mapa final de tipos de vegetación, derivado de la interpretación de imágenes y verificado en el campo, es tal vez el producto singular más importante de una EER. Este mapa es una caracterización completa de la biodiversidad a nivel de terreno y es de gran conveniencia para la planificación de manejo. Debe producirse a color y en formato grande y debe circularse ampliamente para revisión y refinamiento tan pronto como se elabore. Varios de los mapas a color en el apéndice 4 representan mapas finales de tipos de vegetación de diferentes EER (mapas 9, 10, 13, 14, 16 y 17). Debe informarse a todos los interesados que no se conoce la precisión de la clasificación en el mapa de tipos de vegetación, porque no se emplearon técnicas de clasificación estadística rigurosas en el desarrollo del producto. Existe ahora una clasificación y mapa de tipos de vegetación del área, los cuales pueden refinarse posteriormente según lo requiera la demanda de mejoras y según lo permitan los recursos.

El mapa de tipos de vegetación se convierte en la base para las etapas de evaluación de amenazas, integración de información y formulación de recomendaciones que siguen a su elaboración. Los tipos de vegetación y sus localizaciones se convierten en la base para la mayoría de los informes de resultados a nivel de especie. Las localidades de muestreo frecuentemente se identifican en el mapa de tipos de vegetación. Alternativamente, puede producirse un mapa que muestra sólo las localidades de muestreo. Este tipo de mapa transmite un sentido visual inmediato de la magnitud del esfuerzo de muestreo.

Otros mapas temáticos

Deben también elaborarse los datos auxiliares del SIG usados en la caracterización inicial del terreno (ej., altitud, caminos, hidrografía y geología) como un conjunto de mapas cartográficamente distintos. Estos mapas se utilizarán para la interpretación (capítulo 8) y siempre deben formar parte del informe final (capítulo 9) porque

mejoran el conocimiento general del área. Además, estos mapas mejoran la presentación visual del informe final (por ejemplo, ver mapa 7). Los archivos SIG digitales, o coberturas, que corresponden a estas capas de datos biofísicos estándar, deben archivarse junto con las imágenes de satélite y otras capas derivadas del SIG.

Mapas de especies de importancia para la conservación

Estos mapas muestran especies en peligro o especies exóticas, así como las localidades y tipos de vegetación en que se encuentran. Es común que se decida intencionalmente no mostrar las localidades exactas donde se encuentran especies raras y amenazadas para evitar ponerlas en mayor riesgo. Un mapa de especies de importancia para la conservación (ver mapa 10) tiene utilidad de manejo inmediata porque recalca las áreas y tipos de hábitat específicos en las zonas donde es esencial contar con estrategias de conservación adecuadas para promover la persistencia de especies y comunidades que requieren conservación. En lugar de elaborar mapas para cada grupo taxonómico, es mejor trazar todos los elementos de importancia para la conservación sobre un solo mapa que tiene como telón de fondo el mapa final de comunidades vegetales. Los taxa distintos se representan con diferentes símbolos (ver mapa 10).

Mapas de amenazas

Tantos las especies como los tipos de vegetación tienen “huellas” de tipo espacial y se prestan bien para representarse en mapas. Las amenazas a la biodiversidad, por otro lado, no tienen usualmente una dimensión espacial intrínseca y es más difícil representarlas en mapas. El concepto de amenaza comprende el sistema amenazado, la presión a la cual el sistema está sujeto y el origen de dicha presión. La representación cartográfica de amenazas puede involucrar la representación del comportamiento humano, el cual asimismo involucra la ilustración de relaciones de poder y relaciones entre sexos distintos en las comunidades, así como las percepciones que los miembros de la comunidad tienen acerca de la biodiversidad.

Trazar en mapas las amenazas es una labor que probablemente recibirá en un futuro cercano la creciente atención de las comunidades científicas conservacionista y de ecología humana. Mientras tanto, una de las maneras más eficaces para representar amenazas en los mapas es todavía el uso de simbología (por ejemplo, ver mapa 11), donde las amenazas se visualizan y asocian con las áreas particulares donde prevalecen, pero no se ilustra su extensión espacial.

Zonificación

Las recomendaciones de manejo para las EER con frecuencia incluyen propuestas para zonificar o rezonificar el área; un mapa de la zonificación propuesta es un valioso producto de la EER que puede usarse en la campaña para mejorar la conservación en el área. Los mapas de zonificación deben ser simples, con un número mínimo de colores (por ejemplo, ver el mapa 12) y deben siempre recalcar el carácter propuesto de la recomendación de zonificación, evitando ofender a las autoridades. Es recomendable limitar la distribución de estos mapas (y de muchos de los mapas de la EER en general) a las personas interesadas apropiadas que los solicitan de alguna manera oficial. Buenos mapas en las manos equivocadas pueden rápidamente crear situaciones problemáticas.

Referencias bibliográficas

Nature Conservancy, The. 1997. *Evaluación Ecológica Integral: Parque Nacional del Este, República Dominicana. Tomo 1: Recursos Terrestres*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Parte III

En el campo: Inventarios y evaluaciones de amenazas

Capítulo 5

Estudios de vegetación y especies de plantas

Shirley Keel, Roger Sayre y Gina Sedaghatkish

Los estudios de vegetación son un componente clave de cada EER y se enfocan en los tipos de vegetación. Los estudios de especies de plantas se concentran en la distribución de la diversidad de especies a través de varios tipos de vegetación e identifican objetos de conservación para el manejo de conservación. Estos estudios se dirigen a la caracterización, clasificación y representación en mapas de los tipos de vegetación y al inventario de especies de importancia para la conservación (tabla 5-1). Este capítulo aborda científicamente la caracterización de la diversidad de plantas tanto a nivel de tipos de vegetación como a nivel de especies.

Empezaremos por discutir las responsabilidades del equipo para el estudio de la vegetación y luego describiremos las fuentes de información que ellos deben consultar durante las etapas de planificación. Enseguida discutiremos el papel que los especialistas en vegetación tienen en la caracterización inicial del terreno y describiremos los sistemas de clasificación. El resto del capítulo concernirá al trabajo de campo y al análisis de datos.

El equipo de vegetación y flora

Si es posible, el equipo EER de vegetación y flora debe incluir tanto a las ecólogos de vegetación como a los botánicos, ya que durante el trabajo de campo es esencial poder caracterizar las comunidades de plantas además de identificar las especies. Como mínimo, el equipo de vegetación debe contar con tres participantes (tabla 5-2). Es esencial contar con un botánico o ecólogo de vegetación con experiencia, quien conoce la flora local lo suficientemente bien para identificar material estéril *in situ*. El principal especialista en vegetación debe tener familiaridad con la flora del área y poder identificar un gran porcentaje de las especies o géneros mediante reconocimiento visual. Usualmente, este especialista es el líder del equipo y es responsable de mantener el rigor y rapidez del inventario. Se recomienda, si es posible, que el equipo cuente con el experto de mayor respeto en la flora del área de estudio. Otro botánico debe estar a cargo de colectar y procesar los especímenes de herbario. Este individuo debe ponerse en contacto con los herbarios locales antes del estudio de campo para hacer arreglos de ayuda en la identificación y administración de especímenes colectados durante la EER. Finalmente, es necesario contar con un asistente de campo capacitado en botánica para compartir los aspectos de intensa labor del trabajo de campo, tales como establecer parcelas de estudio, colectar especímenes y subirse a los árboles.

Tabla 5-1. Componentes principales de los estudios de vegetación en una EER.

Componente	*Actividad*
Clasificación de tipos de vegetación	Seleccionar el sistema de clasificación más apropiado.
Elaboración del mapa de tipos de vegetación	Elaborar el mapa de los tipos de vegetación para el área de estudio usando datos disponibles de sensores remotos. Verificar en el campo y corregir el mapa.
Caracterización de los tipos de vegetación	Verificar en el campo los tipos de vegetación derivados de imágenes, identificar especies dominantes para caracterizar los tipos de vegetación e identificar los parámetros bióticos y abióticos que influyen en la distribución de los tipos de vegetación.
Resumen de los datos sobre vegetación	En conjunto con el equipo de fauna, identificar los tipos de vegetación especiales, incluyendo aquéllos que sean: • únicos, • amenazados, • hábitats para especies de plantas y animales especiales, y • ejemplos representativos intactos de las comunidades que ocurren dentro del área de estudio.

Algunas veces es posible contratar a un botánico que también sea científico en vegetación (o viceversa) y que pueda representar tanto las disciplinas de ecología vegetal como de botánica. Si el trabajo de campo se implementa sin este tipo de experiencia se empleará una cantidad de tiempo excesiva en la identificación de plantas, colecta, preparación de especímenes y contratación de la asistencia de expertos. Ayuda también que un miembro del equipo de vegetación y flora (al que nos referiremos sólo como “el equipo de vegetación”) tenga experiencia en la interpretación de fotografía aérea e imágenes de satélite; es crítico el liderazgo del equipo de vegetación durante el paso de caracterización inicial del terreno (ver capítulos 1 y 3). Siempre que sea posible, se alienta la participación de varios asistentes, porque el trabajo en las parcelas y la identificación de plantas puede ser considerable.

Obtención preliminar de información

El equipo de vegetación debe obtener y revisar toda la información posible previamente existente sobre la vegetación del área de estudio. Las evaluaciones florísticas de la EER están diseñadas principalmente para proyectos en áreas con poca o ninguna información, pero debe intentarse identificar estudios, planes de manejo y floras nacionales y regionales previamente realizados, ya que esta información es siempre útil. En algunos casos, la información florística ya está disponible, pero la información sobre especies debe organizarse en grupos florísticos o unidades de vegetación para refinar una clasificación existente de la vegetación o para desarrollar una clasificación. El conocimiento exhaustivo de la información disponible permite identificar con mayor eficacia los requerimientos para el inventario de campo, así como facilitar el análisis e interpretación de los datos. Raramente se implementa una EER en una localidad que ya ha sido bien caracterizada. Usualmente, ya existe alguna información sobre el área, pero puede ser muy general, vieja o de calidad sospechosa. Por lo general, la afirmación de que “no existe información alguna” es falsa y se usa como pretexto para cubrir la falta de voluntad para buscar tal información.

El conocimiento de dónde pueden obtenerse ciertos tipos de datos alentará y acelerará la obtención preliminar de información. Las fuentes de datos que son útiles para inventarios de vegetación se listan en orden de importancia y disponibilidad al final de este capítulo. Las fuentes más importantes para inventarios de vegetación son los libros y artículos sobre fitogeografía y clasificación de vegetación. Las monografías, los especímenes de herbario y las bases de datos son útiles para aprender acerca de la distribución y estado de conservación de especies individuales.

Aunque es posible que no exista información florística completa sobre una región en particular, pueden sin embargo existir clasificaciones de vegetación y listados de especies de importancia para la conservación a escala nacional o regional. Las descripciones generales de la vegetación a manera de notas de viaje de naturalistas o inventarios forestales, tienden a encontrarse para la mayoría de las regiones o países. Tal información, publica-

Tabla 5-2. El equipo de vegetación y flora y las cualidades y responsabilidades de sus miembros.

Miembros de equipos	*Cualidades*	*Responsabilidades*
Ecólogo(s) de la Vegetación	• Familiaridad con los métodos de análisis de la vegetación. • Conocimiento de los tipos de vegetación en el área de estudio. • Es útil la experiencia en la foto-interpretación para identificar tipos de vegetación.	• Clasificar y caracterizar tipos de vegetación. • Contribuir a identificar los tipos de vegetación de alta importancia ecológica y valor para la conservación. • Integrar la información sobre flora y fauna para identificar áreas críticas para la biodiversidad.
Botánico(s)	• Sólido conocimiento de la flora del área para su rápida identificación. • Experiencia en la foto-interpretación. • Experiencia en el análisis de la vegetación.	• Realizar inventarios de especies. • Caracterizar los tipos de vegetación. • Identificar especies de alto valor para la conservación. • Mantener calidad en la identificación de especies y ajustarse al proceso y objetivos de la EER. • Mantener y procesar especímenes de herbario. • Supervisar a los asistentes de campo. • Coordinar con los herbarios.
Asistente(s) de Campo	• Capacitación en botánica. • Capaz de trabajar intensamente en el campo.	• Realizar labores relacionadas al trabajo de campo, como el establecimiento de parcelas de estudio, colecta y procesamiento de especímenes.

da o no, generalmente se encontrará en instituciones a cargo del estudio de la botánica o ciencias forestales, tales como universidades o servicios forestales del gobierno. Además, estas instituciones son usualmente buenas fuentes de expertos botánicos locales. Los servicios forestales de gobiernos, las autoridades científicas de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) en el país y los Centros de Datos para la Conservación, son la mejor fuente de información sobre especies de plantas de importancia para la conservación.

Caracterización inicial del terreno—El papel de los especialistas en vegetación

El equipo de vegetación de la EER debe dirigir el paso de la caracterización inicial del terreno para brindar orientación al equipo cartográfico en la preparación de las imágenes. Esta participación es necesaria porque los especialistas en vegetación pueden contribuir con su conocimiento a la delineación de tipos de vegetación en las imágenes. El equipo cartográfico es responsable de delinear rasgos a partir de imágenes y con base en las propiedades de la imagen (color, textura, tono, altura del dosel, etc.). Esta fotointerpretación da como resultado un mapa de polígonos que se clasifican con base en características discernibles. No obstante, tales polígonos son esencialmente desconocidos con respecto a los tipos de vegetación que representan. Los especialistas en vegetación con frecuencia pueden nombrar o preclasificar estos polígonos desconocidos basándose en su conocimiento y experiencia, permitiendo que el componente del trabajo de campo en la EER sirva más como una función de verificación que como desarrollo de información.

Las localidades de muestreo de vegetación se determinan durante la caracterización inicial del terreno e incluyen múltiples ejemplos de todos los distintos tipos de vegetación que se han delineado. Generalmente, el trabajo de campo se concentrará en la vegetación natural, la cual por lo general se distingue fácilmente en las imágenes de satélite y fotografías aéreas. Debe estudiarse por lo menos una zona en cada tipo de vegetación.

Selección del sistema de clasificación

El equipo de vegetación elige el sistema de clasificación apropiado que se usará, el cual debe estar lo más estandarizado posible y tener como base tanto la estructura de la vegetación como la composición florística. Por

lo general existe un sistema de clasificación local comúnmente utilizado y el equipo de vegetación lo estudia durante la revisión de información preliminar. La solidez y utilidad de este sistema de clasificación se evalúan para decidir si va a adoptarse, con o sin modificaciones, o si va a rechazarse y desarrollarse una nueva clasificación. La práctica más común es la de modificar un sistema de clasificación existente. Este sistema debe entonces conciliarse con el mapa de polígonos de vegetación que resulta de la caracterización inicial del terreno. Trazar un mapa del sistema de clasificación puede ser difícil y requiere la participación completa de los especialistas en vegetación y su colaboración con el equipo cartográfico.

Trabajo de campo sobre vegetación

El trabajo de campo para el estudio de vegetación incluye: la visita a muestras representativas de todas las clases de polígonos (tipos de vegetación) que se identificaron en la caracterización inicial del terreno, el establecimiento de localidades de muestreo y de parcelas y la recolección de información. Las localidades de muestreo preestablecidas que se identificaron en el plan de muestreo se geolocalizan con instrumentos GPS. El estudio de vegetación de cualquier EER usualmente toma varios meses, así como organización considerable y rigor metodológico. Las actividades de organización incluyen el desarrollo de planes de muestreo, planes de trabajo y cronogramas; la ejecución de talleres de capacitación; y la asignación de responsabilidades (ej., recolección de datos, análisis de datos y redacción de informes) a miembros individuales de los equipos. Los principios metodológicos comprenden la caracterización de la diversidad de plantas a niveles de área y de especie, con un enfoque progresivamente más estrecho desde la identificación de las formaciones vegetales usando imágenes a la identificación de especies particulares en el campo. El mayor reto en el trabajo de campo consiste en visitar tantas réplicas de polígonos como sea posible en todos los distintos tipos de vegetación discernibles a una escala determinada, en todas las regiones de muestreo y ajustándose a las limitaciones de presupuesto y de tiempo. Este método de continuo movimiento puede ser especialmente difícil de coordinar con el equipo de inventario de fauna, el cual generalmente prefiere un tipo de muestreo más sedentario.

Intensidad del muestreo y determinación de regiones de muestreo prioritarias

La intensidad de muestreo por encima del requerimiento mínimo de muestreo (por lo menos un ejemplo representativo de cada tipo de vegetación distinto) dependerá de la disponibilidad de recursos. Los recursos raramente permiten un nivel intensivo de muestreo, por lo que es necesario establecer prioridades. Por lo general se establecen prioridades para los tipos de vegetación raros y complejos, los cuales requieren un nivel más intensivo de muestreo (estudios de parcelas). Los tipos de vegetación más comunes y conocidos pueden muestrearse adecuadamente mediante técnicas de observación general. A continuación se presenta un conjunto de consideraciones generales relacionadas con el establecimiento de prioridades de las regiones de muestreo:

1. Establecer prioridades de conservación para los distintos tipos de vegetación mediante un proceso de jerarquización que puede incluir consideraciones de diversidad, endemismo, representatividad, índice de fragmentación, etc.
2. Elegir por lo menos un polígono relativamente grande y accesible para cada tipo de vegetación, sin tomar en cuenta las prioridades de conservación.
3. Seleccionar réplicas de polígonos en tipos de vegetación prioritarios según lo permitan los recursos.

Las intensidades de muestreo varían también dependiendo de los objetivos de la EER. Si el objetivo es caracterizar los tipos de vegetación de una área extensa en un tiempo limitado, es más eficiente y productivo hacer observaciones directas en muchas localidades de muestreo que establecer parcelas en unas pocas localidades. Un punto de muestreo con un alcance de 20 metros a la redonda equivale a un área de muestreo de 1,256 metros cuadrados y es adecuado para caracterizar un bosque de 50 hectáreas. La toma de muestras en estas localidades

implica identificar grupos florísticos dominantes y llenar un solo formulario (formulario 2 del apéndice 2); este tipo de muestreo es relativamente simple y rápido.

No obstante, si el objetivo es caracterizar un solo tipo de vegetación de alta prioridad de conservación y se desea obtener datos cuantitativos sobre riqueza de especies, entonces son necesarios los estudios de parcelas. Las parcelas de tamaño y forma equivalentes son necesarias para comparar tipos de vegetación similares en localidades de muestreo distintas.

Técnicas de muestreo, formularios de campo y material

Para verificar los tipos de vegetación, analizar la composición florística y medir la diversidad de la vegetación, el equipo de vegetación usa una variedad de técnicas de muestreo, formularios de campo y material. En general, el equipo establecerá localidades de muestreo que pueden o no incluir trabajo basado en parcelas. Debe establecerse por lo menos una localidad de muestreo en cada tipo de vegetación identificado en la caracterización inicial del terreno.

Se han creado varios ejemplos de formularios de campo (ver apéndice 2) para la recolección de datos sobre vegetación y especies de plantas. El Formulario 1 se usa para describir la región de muestreo en forma general. El Formulario 2 se usa para caracterizar la estructura de la vegetación y registrar información fisionómica y parámetros ambientales útiles en la clasificación de la vegetación. El Formulario 3 se utiliza para registrar medidas detalladas a nivel de especie obtenidas de las localidades de muestreo. El formulario del muestreo de parcelas (Formulario 5) registra los datos de vegetación obtenidos a partir del trabajo de muestreo basado en parcelas. El Formulario 6 permite la documentación de información casual (que no proviene de las localidades o parcelas de muestreo) sobre la vegetación. El Formulario 7 es equivalente al 6, pero se usa para observaciones sobre la fauna. Finalmente, los Formularios 8 y 9 permiten documentar especies de plantas y animales, respectivamente, que son de interés especial para la conservación. Estos ejemplos de formularios de campo se diseñaron para uso general. Estos pueden modificarse o pueden agregarse nuevos formularios, según las necesidades específicas de datos en una EER.

El material para inventarios de vegetación incluye lo siguiente:

- Clavos y etiquetas de aluminio
- Binoculares
- Cámara y rollo de transparencias (varios rollos)
- Brújula
- Astas de colecta
- Formularios de campo (1, 2, 3, 5, 6 y 8 en el apéndice 2)
- Tabla con clip
- Cinta para marcar (multicolor y biodegradable)
- GPS
- Martillo
- Podadora de mano
- Machete
- Mapas (topográficos, de polígonos y basados en imágenes)
- Marcadores
- Cintas métricas [50 metros (2); 30 metros (2), cinta DAP]
- Papel periódico
- Bolsas de plástico (con cierre; grandes y pequeñas)
- Prensa botánica
- Lupa de bolsillo o lupa de campo
- Estacas de agrimensura (para marcar las esquinas de las parcelas)
- Cuaderno de campo a prueba de agua

Verificación de tipos de vegetación

La verificación y etiquetado de los tipos de vegetación se realiza comparando la información de campo con las descripciones estándar características tal como se presentan en clasificaciones publicadas o como se desarrollaron para la EER. Con frecuencia el trabajo de verificación es relativamente sencillo y no cuantitativo, especialmente cuando los distintos tipos de vegetación se diferencian en base a la fisionomía y a los grupos florísticos dominantes. Es común que la existencia de gradientes ambientales relativamente pronunciados dé como resultado tipos de vegetación bien separados y fáciles de discernir. En estos casos, la verificación del tipo de vegetación puede realizarse anotando y documentando la presencia de especies dominantes. Por ejemplo, si en el campo el especialista en vegetación está tomando muestras en un palmar ribereño dominado por Buriti (*Mauritia flexuosa*) y la clasificación de la vegetacióm que se está siguiendo define un Buritizal como un "palmar ribereño periódicamente inundado caracterizado por la presencia de Buriti", el científico puede con confianza etiquetar el tipo de comunidad como Buritizal. Este tipo de verificación se lleva a cabo fácilmente sin necesidad de alguna forma de cuantificación numérica.

No obstante, si la zona es relativamente homogénea y los gradientes ambientales no se expresan claramente, puede ser más difícil distinguir los tipos de vegetación basándose en las especies dominantes. En tal caso, será necesario efectuar estudios de parcelas para cuantificar el nivel de dominio. Las mediciones de diámetro a la altura de pecho (DAP) deben convertirse a áreas basales para las especies que luego se comparan entre las localidades de muestreo. Este nivel de muestreo para identificar diferencias leves en la composición de especies y dominio no es típico de las EER debido a limitaciones de tiempo y recursos. Además, las signaturas de reflectancia espectral de los tipos de vegetación, que difieren sólo ligeramente en cuanto a composición y dominio, pueden ser muy similares. Separar estos tipos de vegetación levemente distintos durante la interpretación de imágenes puede ser difícil y esto impediría su identificación como tipos de vegetación únicos.

Estimación de la diversidad de plantas

Además de verificar los tipos de vegetación, muchos inventarios de vegetación incluyen una estimación de la diversidad de plantas utilizando datos provenientes de técnicas de estudio de parcelas. El establecimiento de parcelas y la cuantificación de la diversidad dentro de éstas es una operación prolongada. En general, las parcelas deben establecerse sólo en localidades de muestreo prioritarias. El tamaño de las parcelas de muestreo y los tipos de datos obtenidos dependerán de los objetivos del estudio. Para medir y comparar diversidad, el muestreo se enfoca usualmente en las plantas vasculares o las formas de vida superiores de una comunidad vegetal (ej., especies leñosas en bosques y matorrales o especies herbáceas en pastizales). Las plantas no vasculares raramente se muestrean en las EER porque se sabe menos sobre este grupo y no siempre se encuentran especialistas.

Las parcelas para este tipo de trabajo varían en número y tamaño. Como regla general, las parcelas de 20 x 20 metros son adecuadas para bosques y las de 10 x 10 metros para matorrales o pastizales. Los datos de las parcelas de estudio pueden usarse para desarrollar curvas de especies/área, pero estudios recientes (Condit et al., 1995) han demostrado que las mediciones de diversidad son más consistentes cuando se basan en número de tallos en lugar de tamaño de las parcelas.

Método Dallmeier

El método Dallmeier (tamaño de parcela = 20 x 20 metros) se utiliza comúnmente en los estudios de vegetación para las EER y el número de tallos muestreados normalmente varía entre 100 y 1000. Dallmeier (1992) mantiene que las parcelas de bosque de hasta dos hectáreas de tamaño que contienen 1200 a 1400 árboles con DAP ≥ 10 centímetros producirán estimaciones de diversidad confiables y permitirán una caracterización relativamente rápida y exacta de un bosque dado. En una comparación de la diversidad de especies de árboles en India, Panamá y Malasia, determinada usando parcelas permanentes de 50 hectáreas, Condit et al. (1995) reportaron que las estimaciones de diversidad no mejoraron después de que el número de tallos era mayor que

1000. Por lo tanto, en acuerdo con Dallmeier nosotros concluimos que una parcela de 2 hectáreas de bosque será suficiente para medir la diversidad de plantas. Sin embargo, la escasez de recursos en la mayoría de las EER usualmente evita el establecimiento de parcelas de 2 hectáreas en todos los tipos de comunidad representativos. Condit (comunicación personal, 1995) recomienda muestrear por lo menos 100 tallos para poder hacer alguna estimación útil de la diversidad. El equipo de vegetación debe muestrear por lo menos 100 y no más de 1000 tallos en cualquier área para la que se desee estimar la diversidad de plantas.

La descripción más detallada del método de muestreo usando parcelas de 20 x 20 metros se presenta en Dallmeier (1992). Se muestrean parcelas predeterminadas y nuevas parcelas adyacentes a la original se agregan y muestrean hasta haber acumulado un número aceptable de tallos. Las especies leñosas con DAP ≥ 10 centímetros en bosques y DAP ≥ 2.5 centímetros en matorrales, se identifican y miden con el fin de caracterizar el tipo de vegetación y estimar la diversidad y abundancia de las formas superiores de vida vegetal. Generalmente, este método requiere de tres botánicos trabajando durante tres días para investigar un área de 1200 metros cuadrados. Para comunidades herbáceas debe medirse el porcentaje de cobertura de especies individuales dentro de una parcela de 10 x 10 metros. La evaluación más rápida de la diversidad de especies en una comunidad vegetal se realiza al contar el número de especies que los botánicos pudieron identificar dentro de las parcelas de muestreo. De las plantas no reconocidas por los botánicos se colectan especímenes para su identificación posterior.

Método Gentry

Otro método de parcelas comúnmente utilizado para estimar la diversidad es el método Gentry de transecto "explotado" de 0.1 hectáreas, el cual es un inventario veloz que proporciona el más rápido conocimiento preliminar de patrones de diversidad en comunidades de bosque o matorral. El método Gentry (Gentry, 1986; Keel et al., 1993) muestrea una área de 0.1 hectáreas que consiste de subparcelas de 2 x 50 metros, las cuales se pueden muestrear por tres botánicos en dos días cuando se miden tallos ≥ 2.5 centímetros. Aunque las parcelas rectangulares y angostas de Gentry rinden 15% más especies que las parcelas cuadradas del mismo tamaño (Condit, comunicación personal, 1995), este método no conduce al muestreo de árboles más grandes. La técnica requiere que las subparcelas estén adyacentes y que los números de tallos dentro de éstas se registren con precisión. El método Gentry de transectos explotados constituye una metodología adecuada y rápida para medir la diversidad. Existen otros métodos de inventario con y sin parcelas (Braun-Blanquet, 1932; Cain y de Oliveira Castro, 1959; Campbell y Hammond, 1989; Cox, 1985; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Kent y Coker, 1992), pero para la mayoría de las aplicaciones de las EER los métodos Dallmeier y Gentry son los más comúnmente usados.

Inventario de especies individuales

Una EER no es un inventario florístico completo; por lo tanto, no es necesario identificar cada planta a nivel de especie, pero ciertas plantas siempre deben identificarse a este nivel. En la medida de lo posible el líder del equipo de vegetación debe identificar estas especies antes de comenzar el trabajo de campo. Puede emplear artículos científicos, estudios de museo o herbario, listas de especies amenazadas, etc. Estas especies incluyen:

1. Especies necesarias para caracterizar los tipos de vegetación, tales como especies del dosel, especies dominantes y codominantes y especies indicadoras.
2. Especies de interés para la conservación, tales como las endémicas, raras o amenazadas.
3. Especies de interés para el manejo, tales como las exóticas o de importancia económica.

Siempre que se observen estas especies en una parcela, en una localidad de muestreo o de manera oportunista, deben registrarse sus hábitats, fenología, tamaño poblacional y usos económicos. Para este propósito se provee un formulario de campo (Formulario 8) en el apéndice 2.

Clasificación de la vegetación

El procedimiento para clasificar la vegetación consiste en compilar la información de los formularios de campo, determinar las clases de vegetación, asignar nombres clasificados a las unidades identificadas y cuantificar los niveles de dominio relativo de las especies. El equipo de vegetación debe trabajar junto con el equipo cartográfico en la asignación de etiquetas de clases de vegetación a los polígonos desconocidos desarrollados durante la EER. La clasificación de la vegetación involucra los pasos siguientes:

1. Reunir todos los formularios de campo que contengan información sobre vegetación.
2. Organizar los formularios por localidad de muestreo dentro de regiones de muestreo.
3. Desarrollar listados de plantas para las localidades de muestreo.
4. Considerar los criterios y parámetros para la clasificación de la vegetación y aplicarlos a cada una de las localidades.
5. Establecer relaciones entre las observaciones de campo y el mapa de polígonos desconocidos para extrapolar las etiquetas de tipos de vegetación correspondientes a los polígonos muestreados a todos los polígonos no muestreados.

Subjetividad en la clasificación de la vegetación

La clasificación de la vegetación es altamente subjetiva. Los tipos de vegetación por lo general no son unidades discretas y fácilmente definibles (de la manera en que las especies son discretas debido a las barreras genéticas para la reproducción). Los límites entre tipos de vegetación con frecuencia son difusos. Aunque las imágenes pueden sugerir límites obvios y discretos, las observaciones de campo pueden revelar que tales sugerencias fueron impresiones falsas.

Nombres estándar de tipos de vegetación

Las clasificaciones de vegetación empleadas localmente deben ser integradas a sistemas jerárquicos regionales estandarizados siempre que sea posible. Normalmente, el sistema de clasificación usado para verificar los tipos de vegetación es el que se utiliza localmente y puede contener muchos términos populares y convenciones locales para la asignación de nombres. A favor de la estandarización científica y con el fin de poder comparar tipos de vegetación de otras áreas, la clasificación local siempre debe relacionarse con un sistema de clasificación regional estandarizado, tal como el sistema UNESCO-TNC (FGDC, 1996; Grossman et al., 1998). Relacionar, en este sentido, significa asignar a una unidad de vegetación de un sistema de clasificación (local) un nivel y posición apropiados en otra clasificación (estándar). Por ejemplo, “quebrachal” es un nombre local para una comunidad vegetal dominada por *Aspidosperma quebracho-blanco*. La forma de vida superior en esta comunidad son los árboles de más de 10 metros de altura y más del 50 por ciento de las especies son caducifolias. En la clasificación UNESCO-TNC, esta comunidad se describiría bajo convenciones altamente estandarizadas, tal como la siguiente: “bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco* de tierra baja, subtropical, subcaducifolio, xerófilo, de dosel cerrado”. Cada uno de estos elementos descriptivos brinda información acerca de varias unidades taxonómicas usadas en la clasificación UNESCO-TNC, la cual se basa en la siguiente jerarquía:

Orden
Clase
Subclase
Grupo
Formación
Alianza
Asociación de comunidades

Cuadro 5-1. Ejemplo de descripciones de los tipos de vegetación estudiados en la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999).

Bosque de *Rhizophora mangle* inundado por mareas

Es una comunidad que se encuentra en los cayos de la Bahía de Granadillo, Cuba, y a lo largo de la costa norte de Punta Caracoles, donde el substrato entre el agua y las terrazas de roca caliza está mejor consolidado. Esta comunidad está dominada por manglar rojo (*R. mangle*) de menos de 5 metros de altura. Una ancha banda externa de manglares rojos de 3 a 4 metros de altura rodea el cayo. Esta banda decrece hacia el centro del cayo con árboles cuya altura, diámetro y raíces aéreas disminuyen. Los árboles del límite interior crecen en porcentajes salinos de 40 a 50 y tienen menos de 1.5 metros de altura. Tierra adentro, la faja de manglar rojo se substituye por una de manglar negro (*Avicennia germinans*) con árboles dispersos de manglar blanco (*Laguncularia racemosa*) y de la especie *Conocarpus erecta*. El dosel de esta última franja puede alcanzar hasta 4 metros. En algunos cayos donde la salinidad en el centro puede llegar a más de 1000 ppm (partes por millón) existe una área desprovista de vegetación que está rodeada por manglar negro enano.

Arbustal de cactos *Stenocereus peruvianus*

Esta comunidad se encuentra en colinas con gradientes mayores al 5% y un substrato de rocalla gruesa derivada del esquisto. El suelo verdadero sólo existe en pequeñas hendiduras. El dosel tiene una altura menor de 5 metros. Las especies dominantes en esta comunidad varían según la topografía, la profundidad del suelo y su grado de exposición al viento. En zonas escarpadas con muy poco suelo las especies dominantes son el cacto *Stenocereus peruvianus* y los árboles *Plumeria tuberculata, Neea shaferi, Capparis ferruginea, C. flexuosa* y *Jacquinia* sp. En zonas más planas con suelos de mayor profundidad las especies que dominan son el cacto *Pilosocereus* y el árbol *Colubrina elliptica*.

Los criterios para definir estos distintos niveles jerárquicos se presentan en FGDC (1996).

Las EER normalmente comprenden la clasificación hasta el nivel de Formación, algunas veces hasta un nivel aún más bajo, dependiendo de la resolución espacial de los datos provenientes de imágenes.

Resumen de los datos sobre vegetación

Es importante para propósitos de manejo de conservación que la descripción de los tipos de vegetación representados en mapas durante una EER sea precisa y que se desarrolle a partir de un resumen de observaciones reunidas en varias localidades de muestreo. Estas descripciones deben incluir información sobre localización, factores ambientales clave, altura del dosel, estratos de vegetación, formas de vida superior, especies dominantes y codominantes, especies indicadoras y variaciones en estructura y composición. El cuadro 5-1 muestra dos ejemplos de descripciones de tipos de vegetación en una EER en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999).

Compilación de datos y presentación de resultados

Los datos sobre especies provenientes de investigaciones de campo y de literatura se organizan y presentan por cada tipo de vegetación en la zona, con énfasis en especies de importancia para la conservación. Estos resúmenes de datos por tipo de vegetación tienen utilidad inmediata para recalcar los tipos de vegetación con la más alta diversidad de plantas y el mayor número de especies importantes. Las tablas 5-3, 5-4 y 5-5 ilustran algunos resúmenes tabulares típicos para inventarios de vegetación. La tabla 5-3 resume los números de especies de plantas que son objetos de conservación por tipo de vegetación durante una EER en Panamá (ANCON y The Nature Conservancy, 1996). La tabla 5-4 caracteriza algunos ejemplos de especies de plantas de interés para la conservación durante una EER en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999) y la tabla 5-5 presenta ejemplos de tipos de vegetación que son objetos de conservación en la misma EER.

Especies de importancia para la conservación

Para especies raras o amenazadas o especies exóticas encontradas durante una EER, los miembros de equipos deben registrar información sobre tamaño poblacional, viabilidad, condiciones del hábitat y uso por los humanos. La localización de estos elementos especiales debe registrarse con precisión usando un GPS. Las recomendaciones de manejo para la zona deben tomar en cuenta métodos que promuevan la persistencia de estas especies de importancia. Debe notarse que en algunas áreas, géneros enteros de plantas pueden considerarse como objetos de conservación debido a su endemismo. Por ejemplo, en la EER de la Bahía de

Tabla 5-3. Número de especies de plantas de interés para la conservación por tipo de vegetación registradas durante una EER de la Zona del Cana de Panamá (ANCON y The Nature Conservancy, 1996).

Tipo de vegetación	*Area total (hectáreas)*	*No. de especies de plantas identificadas*	*No. de especies en peligro global*
Bosque alto estacional perennifolio	203	145	8
Bosque mixto estacional perennifolio	3361	179	11
Bosque bajo estacional perennifolio	518	108	7
Bosque mixto subcaducifolio	428	14	5
Bosque bajo subcaducifolio	338	121	6
Bosque caducifolio	114	46	2
Bosque de cativo inundable	1031	106	1
Palmar inundable	226	61	2
Bosque pantanoso de manglar	85	26	0
Arbustal inundable	53	10	0
Marisma	98	8	0
Pastizal semi-natural inundable	146	8	0

Tabla 5-4. Especies de plantas elegidas como objetos de conservación y las comunidades vegetales en las cuales fueron encontradas durante una EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999).

Especies de importancia global para la conservación	*Tipo de vegetación o hábitat*	**Ubicación del muestreo (UTM)*	*Razones de su importancia*
Caribea littoralis	Pavimento rocoso costero	454.000,2199.500	Muy rara; se limita a unas pocas localidades del sureste de Cuba.
Dendrocereus nudiflorus	Alianza de bosque de *Phyllostylon brasiliensis*	489.500,2208.200	Población decreciente; quedan pocos especímenes jóvenes o brotes. El lugar alberga las mayores poblaciones de esta especie.
Melocactus harlowii	Salientes rocosas con arbustal espinoso y de cactáceas	482.250,2200.250/488.900,2202.200	Endémicas raras; poblaciones pequeñas que se limitan a salientes rocosas; sujetas a presiones de colecta para plantas de casa.
Opuntia militaris	Playa y terrazas de roca caliza	485.000,2199.600	Rara; se encuentra sólo en esta área y sus zonas colindantes.
Gochnatia microcephala	Arbustal de cactáceas, espinoso y de *Croton-Coccothrinax*	482.250,2200.250/ 488.900,2202.200/482.900,2208.000	Rara; sólo se encuentra en esta área y sus zonas colindantes.

Tabla 5-5. Tipos de vegetación elegidos como objetos de conservación en la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999).

Tipos de vegetación	*Importancia para la conservación*
Arbustal de *Coccothrinax*	Pocas localizaciones; distribución limitada; hábitat de especies de aves endémicas.
Bosque de *Bucida*	Distribución limitada.
Bosque de cactos *Phyllostylon*	Quedan pocos ejemplos de calidad; la mayoría están alterados o destruidos.
Abustal de *Colubrina*	La más alta diversidad de la zona; hábitat de dos especies endémicas raras: *Gochnatia microcephala* y *Spirotecoma guantanamensis.*

Guantánamo, se encontraron dos géneros endémicos a Cuba (*Caribea* y *Dendrocereus*). Claramente, estos dos géneros deben considerarse de importancia para la conservación, especialmente si están altamente amenazados.

Análisis de amenazas

El equipo de vegetación debe caracterizar, al mayor grado posible, el nivel general de amenaza a la integridad y persistencia de todos los tipos de vegetación en el área de estudio. Una evaluación, basada en imágenes, de los usos de la tierra dentro de esta área que tienen impacto en los tipos de vegetación, brinda información útil acerca de las amenazas que la conversión de tierras presenta a los sistemas naturales. Durante el trabajo de campo la información sobre usos de la tierra se anota también en los formularios de campo y esta información se incorpora al análisis de amenazas. El equipo de vegetación caracteriza el grado de amenaza en los distintos tipos de vegetación, documenta estas amenazas en el informe final sobre vegetación y participa en la más amplia e integrada evaluación de amenazas para el área de estudio (ver capítulo 7).

Recomendaciones de manejo

Los estudios de la vegetación en las EER usualmente identifican plantas que son de importancia para la conservación, porque éstas se consideran en peligro (raras y amenazadas) o son exóticas. Se consideran en peligro las especies con poblaciones pequeñas o decrecrecientes y para éstas se consideran razonables los métodos de manejo tales como el mejoramiento de las poblaciones existentes y la restauración del hábitat para proporcionar áreas aptas para su restablecimiento. El manejo depende usualmente de la condición y vigor de las poblaciones silvestres existentes. Pueden encontrarse valiosas discusiones sobre el manejo de plantas raras y amenazadas en Elias (1987), Falk (1987) y Falk y McMahan (1988). Las reservas pequeñas que proveen una amplia variedad de hábitats pueden jugar un papel importante en la conservación de plantas raras o amenazadas (Reznicek, 1987). Algunas veces se requiere investigar tanto las historias de vida como la distribución de variación genética en poblaciones de plantas raras antes de implementar estrategias de manejo adecuadas para especies individuales. El descubrimiento de plantas de utilidad económica y sus parientes silvestres en la zona puede llevar a un enfoque adicional en la conservación *in situ* del germoplasma, lo cual aumentaría el valor de conservación general de la zona.

La información sobre especies exóticas puede también afectar las consideraciones de manejo (Temple, 1990; Coblentz, 1991). La erradicación de especies exóticas de carácter invasor puede ser la estrategia predominante de conservación en el área. Esta puede ser una labor difícil y costosa; es necesario contar con buena información científica acerca del tipo, condición y localización de estas especies para planear su remoción. Las EER pueden proporcionar este tipo de información, especialmente si un objetivo de la EER es la caracterización de especies exóticas en el área.

Conclusión

El equipo de vegetación identifica y traza mapas de los tipos de vegetación, produce estimaciones de diversidad de plantas y caracteriza las especies de importancia para la conservación. Esta información puede usarse para determinar zonas prioritarias y orientar la planificación de manejo para la conservación. El estudio de vegetación contribuye también al conocimiento del estado de conservación e importancia biológica de las plantas y tipos de vegetación.

Referencias bibliográficas

ANCON (Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza) y The Nature Conservancy. 1996. *Ecological Survey of U.S. Department of Defense Lands in Panama. Phase IV: Fort Sherman, Pina Range and Naval Security Group Activity; Galeta Island.* Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Braun-Blanquet, L. 1932. *Plant sociology: the study of plant communities*. New York: McGraw-Hill.
Cain, S.A. y G.M. de Oliveira Castro. 1959. *Manual of vegetation analysis*. New York: Harper & Brothers.
Campbell, D.G. y H.D. Hammond, eds. 1989. *Floristic inventory of tropical countries*. New York: The New York Botanical Garden.
Coblentz, B. E. 1991. A response to Temple and Lugo. *Conservation Biology* 5:5-6.
Condit, R. 1995. Comunicación personal. Panama City, Panama.
Condit, R., R. B. Foster, S. P. Hubbell, R. Sukumar, E. G. Leigh, N. Manokaran y S. Loo de Lao. Assessing forest diversity from small plots: calibration using species-individual curves from 50 ha plots. En *Measuring and Monitoring Forest Biological Diversity: The International Network of Biodiversity Plots*. Simposio international Mayo 23-25, 1995; Washington, D.C.
Cox, G. W. 1985. *Laboratory manual of general ecology*. Dubuque, Iowa: W. C. Brown Publishers.
Dallmeier, F., ed. 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11. Paris: UNESCO.
Elias, T., ed. 1987. *Conservation and management of rare and endangered plants*. Sacramento, Cal.: California Native Plant Society.
FGDC (Federal Geographic Data Committee). 1996. *Vegetation Classification and Information Standards*. Reston, Va.: FGDC Secretariat.
Falk, D. A. 1987. Integrated conservation strategies for endangered plants. *Natural Areas Journal* 7(3): 118-123.
Falk, D. A. y L. R. McMahan. 1988. Endangered plant conservation: managing for diversity. *Natural Areas Journal* 8(2): 91-99.
Gentry, A. H. 1986. Species richness and floristic composition of Chocó region plant communities. *Caldasia* 15: 71-91.
Grossman, D. H., D. Faber-Langendoen, A. S. Weakley, M. Anderson, P. Bourgeron, R. Craword, K. Goodin, S. Landaal, K. Metzler, K. Patterson, M. Pyne, M. Reid y L. Sneddon. 1998. *International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States*. Vol. 1. The National Vegetation Classification System: Development, Status, and Applications. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.
Keel, S., A. H. Gentry y L. Spinzi. 1993. Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay. *Conservation Biology* 7 (1): 66-75.
Kent, M. y P. Coker. 1992. *Vegetation Description and Analysis*. Ann Arbor, Mich.: CRC Press.
Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
Reznicek, A. A. 1987. Are small reserves worthwhile for plants? *Endangered Species Update* 5(2):1-3.
Sedaghatkish, G. y E. Roca. 1999. *Rapid Ecological Assessment: U.S. Naval Station Guantanamo Bay, Cuba*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.
Temple, S. A. 1990. The nasty necessity: eradicating exotics. Conservation Biology 5:113-115.

Fuentes de información sobre estudios de vegetación y de plantas

Las siguientes fuentes de información son útiles para comprender la distribución e importancia biológica de especies de plantas y tipos de vegetación que pueden encontrarse durante una EER.

Vegetación

- Publicaciones sobre fitogeografía, clasificación de vegetación, ecología vegetal, flora/flórula local, notas de viaje y estudios sobre vegetación tales como *Floristic Inventory of Tropical Countries* (Inventario Florístico de los Países Tropicales) y la Flora de Perú.
- Publicaciones periódicas botánicas o ecológicas, nacionales o internaciones, tales como *Annals of Missouri Botanical Garden* y *Biotropica*.

Especies

- *Descripciones de especies*: monografías de la flora local, publicaciones periódicas nacionales o internacionales.
- *Listados de especies*: tales como *CITES Cactaceae Checklist* y Listado de la Flora de Panamá.
- *Listas de especies de importancia para la conservación*: CITES Apéndice I, II y III, y la Lista Roja de Plantas Amenazadas 1997 de IUCN, listas de especies comerciales maderables y el Sistema de Datos Biológicos y de Conservación (BCD) de The Nature Conservancy y los Centros de Datos para la Conservación. Se pueden encontrar especies raras seleccionadas de América Latina y el Caribe en el sitio Internet de The Nature Conservancy: www.nature.org.
- *Distribución de especies*: especímenes de herbario o colecciones de museo, expertos botánicos (incluyendo expertos indígenas), BCD y otras bases de datos (ej., de jardines botánicos).
- *Estado de conservación*: BCD, otras bases de datos y expertos botánicos.

Capítulo 6

Estudios de fauna

Bruce Young, Gina Sedaghatkish y Roberto Roca

Además de caracterizar y trazar en mapas los tipos de vegetación, las EER usualmente incorporan inventarios de taxa de animales seleccionados. Las EER ofrecen una valiosa oportunidad para estudiar comunidades de animales en hábitats diversos de regiones de importancia potencial para la conservación. Sin la información sobre dónde se distribuye la diversidad animal en la zona no será posible redactar políticas de conservación, planes de manejo ni proyectos de monitoreo inteligentes en estas áreas. Por lo tanto, es fundamental obtener un conocimiento preliminar de las especies que ocurren en una región y de su distribución espacial para lograr los objetivos de la mayoría de las EER.

Este capítulo examina cómo decidir qué taxa debe estudiarse y a qué nivel de detalle, así como las cuestiones centrales a la planificación y realización del inventario animal como componente de una EER. Estas cuestiones incluyen cómo estos estudios encajan en el proyecto general, la selección y organización del equipo de fauna y las ventajas y desventajas de distintas técnicas de investigación. El capítulo concluye con una serie de sugerencias sobre el manejo de datos, preparación del informe e interpretación de los datos. Este capítulo extrae ideas de EER pasadas y de estudios similares para ilustrar puntos clave y proporcionar ideas para EER futuras.

La planificación cuidadosa es esencial para asegurar que los datos obtenidos durante estudios de fauna sean relevantes para los objetivos de la EER. En una EER los especialistas en fauna deben participar en todos los aspectos del proceso, desde la formulación de objetivos hasta la producción del informe final. Aunque el equipo de fauna tomará muestras en localidades predeterminadas necesarias para verificar la clasificación vegetal preliminar, será ventajoso para el equipo participar en la selección de puntos de muestreo, ya que sus miembros pueden brindar perspectivas zoológicas valiosas a estas decisiones. Por ejemplo, después de estudiar los mapas de localidades y las imágenes, un zoólogo podría identificar áreas específicas donde la fauna debe muestrearse porque se sospecha alta diversidad o endemismo. No obstante, estas áreas pudieron no ser seleccionadas como puntos de verificación de los tipos de vegetación trazados en mapas.

La planificación del estudio de fauna involucra también identificar los objetos de conservación, determinar qué fauna muestrear y cómo hacerlo, ensamblar el equipo de fauna y desarrollar estrategias para el trabajo de campo, para el análisis posterior y para la producción del informe. Se requiere un esfuerzo considerable para planificar el estudio de fauna de tal manera que los recursos disponibles armonicen bien con las actividades necesarias para satisfacer los objetivos de la EER.

La decisión de efectuar estudios de fauna

Aunque los estudios de fauna típicamente se incorporan como componentes fundamentales de una EER, su inclusión no es automática y los líderes de equipo de la EER deben ser capaces de justificar dicha inclusión. Aquéllos que no son biólogos pueden tener la noción de que las EER describirán los patrones de distribución e interacciones de todas las comunidades animales en el área de estudio. Desafortunadamente, ni siquiera los estudios intensivos producen esta información. Por ejemplo, a pesar de décadas de estudios profundos sobre las comunidades de roedores en los desiertos pobres en especies del suroeste de los Estados Unidos, los ecólogos aún no comprenden completamente las interacciones de las especies y continúan registrando nuevas especies (Heske et al., 1994). Lo más que una EER puede lograr es producir una lista incompleta de especies pertenecientes a los taxa seleccionados y aproximarse al conocimiento de dónde se encuentran estas especies en el área.

Debe considerarse la limitación fundamental de información generada por las EER y esto ayudará a decidir si los estudios de fauna deben realizarse o no. Por definición, las EER son proyectos a corto plazo que emplean técnicas de muestreo limitadas durante un periodo de tiempo limitado. La producción de una lista de fauna casi completa para cualquier taxon en el área requiere años de muestreo y una gran variedad de técnicas. Por ejemplo, la lista de especies de mamíferos en la bien conocida Estación Biológica La Selva en el bosque húmedo de tierras bajas en Costa Rica, continúa aumentando aún después de treinta años de estudio (Timm, 1994). Para trazar en mapas las distribuciones de aves que habitan una minúscula parcela de 97 hectáreas de bosque de llanuras inundables en el Amazonas, los científicos emplearon seis técnicas de censo diferentes (Terborgh et al., 1990). Así, las listas de especies producidas en una EER incluirán la mayoría de las especies comunes y sólo unas cuantas especies raras. Los grupos de especies que habitan el área sólo en ciertas temporadas se eludirán por completo a menos que el muestreo ocurra cuando éstos están presentes. No obstante, los esfuerzos de manejo usualmente se dirigen a las especies en riesgo, las cuales tienden a ser raras o esquivas y, por lo tanto, poco detectables durante investigaciones de campo breves. Si las especies de interés primordial para la conservación que se sabe ocurren en la región no se detectan durante inventarios de campo, entonces la EER probablemente no será particularmente exitosa en el logro de sus objetivos en lo que a especies se refiere.

Los estudios de fauna *deben* considerarse cuando cualquiera de las siguientes situaciones es verdadera.

- *Existen recursos disponibles*. Es costoso mandar equipos de zoólogos al campo, incluyendo los costos de salario de personal, transporte, hospedaje, comidas y material. Si hay suficientes recursos para apoyar a un equipo en el campo por el tiempo necesario para reunir una cantidad significativa de información y si el equipo puede proporcionar información relevante a los objetivos de la EER, entonces los inventarios de fauna deben realizarse.
- *Se desea obtener estimaciones crudas de la diversidad*. Al inicio de cualquier inventario de fauna se acumulan nuevas especies rápidamente, pero luego se hace cada vez más difícil detectarlas. Los inventarios breves que usualmente se realizan en las EER capturan la porción de incremento geométrico de la curva de acumulación de especies y, por lo tanto, pueden registrar una gran parte de las especies presentes. Estudios teoréticos recientes han demostrado que aún los inventarios bastante incompletos permiten hacer estimaciones robustas de la diversidad total de especies en una región (Colwell y Coddington, 1994).
- *Los objetos de conservación son conspicuos*. La presencia y abundancia de algunas especies típicamente amenazadas puede, en ocasiones, determinarse rápidamente porque las especies se detectan con facilidad, ya sea mediante los muestreos a una hora clave del día o el uso de técnicas específicas. Algunos ejemplos son los pericos y guacamayas, cuyos cantos son altos al amanecer y al atardecer; los caimanes que se detectan por la noche bajo la luz de linternas; y los grandes mamíferos que se congregan en los pozos de agua durante la temporada seca y dejan sus huellas.
- *La región del inventario está en una isla*. Las islas, particularmente aquéllas localizadas a gran distancia de tierra firme, tienen una fauna pobre que puede inventariarse razonablemente bien durante un corto periodo de tiempo.

- *La región de muestreo se encuentra en una zona poco conocida por los zoólogos*. Quedan muchas especies de vertebrados por descubrirse y nombrarse en regiones de alto endemismo, tales como la cordillera Andina o los bosques del Atlántico en Brasil. Además, generalmente no se conocen los rangos de distribución de la mayoría de las especies descritas en tales zonas. Cualquier esfuerzo invertido en el inventario de fauna, casi ciertamente producirá información científica valiosa acerca de la distribución de especies y posiblemente descubrirá especies nuevas para la ciencia.
- *Se necesitan listados de especies*. La posición de conservacionistas que ejercen presión política para proteger una zona o de aquéllos que tratan de recaudar fondos para conservación se fortalece con la habilidad de presentar un listado de animales (especialmente los carismáticos) que se encuentran en dicha zona.

Los estudios de fauna *no deben* intentarse cuando cualquiera de las siguientes situaciones es verdadera:

- *Los recursos son muy limitados*. Si los fondos son limitados, esparcirlos precariamente entre las actividades cartográficas, el análisis de vegetación y los estudios de fauna, puede dar como resultado un producto que no satisface los objetivos de la EER. Este resultado es especialmente verdadero cuando el área de terreno es muy grande en comparación con los fondos disponibles para el iventario. En estos casos, puede ocurrir que el líder de equipo decida, justificadamente, que un mapa preciso de la vege-tación de la zona sea el producto más útil de la EER para tomar decisiones de manejo.
- *Los objetos de conservación son raros o es difícil detectarlos*. Si los objetos de conservación incluyen lobos de crin, águilas arpía u otras especies de difícil detección, el estilo de inventario de la EER puede no ser lo suficientemente intenso para detectarlos, aún cuando éstos se encuentren en el área. De hecho, una EER que no detecta los objetos de conservación podría incluso erosionar el apoyo a un área protegida propuesta o existente, ya que despertaría dudas sobre el valor del área para proteger a dichas especies. En una sección siguiente se presenta una más amplia discusión sobre los objetos de conservación.

Si no es factible hacer inventarios de campo, la información sobre fauna puede no obstante incorporarse al estudio. Puede haber estudios previos para el área en cuestión o para una área cercana con tipos de vegetación similares, de los cuales tal vez pueda obtenerse información general sobre la fauna. Además, es probable que los especímenes colectados en el área estén depositados en museos locales o internacionales. Con frecuencia se obtiene valiosa información preguntando a universidades, museos de historia natural y otras instituciones locales. Si esta información es lo suficientemente detallada, puede substituir a los inventarios de campo.

Cómo decidir qué fauna debe estudiarse

A la decisión de hacer un inventario le sigue la selección de los taxa que se van a muestrear. Para cumplir los objetivos de muchas EER de proporcionar listas de inventario preliminares, es necesario hacer inventarios de los taxa de vertebrados mayores e incluso unos pocos taxa de invertebrados. Si los fondos son limitados una EER puede concentrarse sólo en uno o unos pocos taxa. Además, los antecedentes sobre el área pueden indicar que un solo taxon abarca las especies de interés. Por ejemplo, una EER del Parque Nacional Blue and John Crow Mountains en Jamaica (Muchoney et al., 1994) sólo incluyó aves en su componente faunístico debido a la falta de recursos y al interés en especies endémicas. En general las aves son uno de los taxa más fáciles de inventariar. Las especies anuncian su presencia confiablemente con vocalizaciones y es posible lograr listas bastante completas en corto tiempo si existen observadores talentosos. Los inventarios de mamíferos pueden tomar mucho tiempo porque se requiere el uso de trampas, redes e inventarios visuales poco productivos. Puede ser difícil encontrar la herpetofauna. Por otro lado, los objetos de conservación pueden incluir grandes mamíferos, peces de importancia económica o tortugas y cocodrilos amenazados. En estos casos, es necesario realizar inventarios de grupos taxonómicos que incluyan a los objetos de conservación.

Al decidir qué taxa incluir en el inventario debe considerarse el valor de los datos para las metas generales de la EER, la disponibilidad de personal de campo calificado y el costo de los inventarios. Las claves taxo-

nómicas y guías de campo no existen para algunos taxa. Como ayuda para decidir qué taxa debe incluirse ofrecemos las siguientes ventajas y desventajas del inventario de cada taxon, junto con puntos de vista realistas de los resultados que pueden esperarse de una EER:

1. *Aves*. Como ya se mencionó, las aves usualmente pueden detectarse con rapidez. Los observadores familiarizados con la fauna de la región pueden, por lo general, detectar más de doscientas especies en bosques tropicales de altitud baja o media, en unos pocos días. Muchas especies de aves son buenos indicadores de la presencia de cacería legal o ilegal de animales vivos para el comercio de mascotas. Una buena lista de aves para una área protegida es valiosa para los administradores, ya que puede ayudarles a promover el turismo. Sin embargo, muchas especies son móviles y emigran localmente o a grandes distancias. Por lo tanto, la comunidad de aves que se encuentra en una región puede reflejar las condiciones de otro lugar tanto como las de la región misma. Al mismo grado en que los movimientos a nivel local se desconocen, las comunidades de aves pueden presentar preguntas desconcertantes sobre porqué algunas especies están presentes o no.
2. *Mamíferos*. Estos son también buenos indicadores de cacería legal e ilegal. Siendo básicamente no vocales y con un amplio rango de historias naturales, los mamíferos requieren de una variedad de técnicas de inventario. Aún si se pudieran utilizar todas estas técnicas, el tiempo disponible para inventarios en la mayoría de las EER sería inadecuado para producir una lista que incluyera siquiera la mitad del total de especies presentes. Muchas especies son nocturnas y arborícolas y por lo tanto, es difícil detectarlas a pesar de su abundancia. Algunas especies de murciélagos sólo vuelan a la altura del dosel o por encima de éste, por lo cual resulta prácticamente imposible capturarlas con redes estándar. Sin embargo, aún una lista incompleta de mamíferos puede ser valiosa para guiar las decisiones de manejo, ya que las poblaciones de mamíferos, especialmente las especies de gran talla, son las que tienen mayor necesidad de manejo.
3. *Reptiles*. Al igual que con los mamíferos, puede ser difícil hacer inventarios exhaustivos de reptiles en un corto periodo de tiempo. La mayoría de las serpientes y lagartijas arborícolas raramente se observan y, por lo tanto, es improbable detectarlas mediante un inventario de EER. Reiteramos que se requieren varias técnicas para muestrear distintos grupos de reptiles. Muchas especies de reptiles tienen rangos más limitados que los de las aves o mamíferos y tienen mayor riesgo potencial de extinción. Estas especies pueden ser mejores candidatos para inventarios.
4. *Anfibios*. Si las especies de la región se congregan en lugares húmedos para aparearse durante temporadas del año predecibles, puede resultar más fácil estudiar a los anfibios que a los reptiles. Los inventarios efectuados durante estos ciclos pico de reproducción pueden producir buenos listados de especies para un área que sería casi imposible investigar eficazmente durante otras temporadas del año. Sin embargo, si existen limitantes que no permiten realizar inventarios durante la época pico de reproducción (que por lo general ocurre al comienzo de las lluvias después de la sequía), entonces los inventarios de anfibios pueden resultar muy poco productivos. Los bosques húmedos son una excepción; ahí las búsquedas en parcelas de hojarasca pueden revelar muchas especies de anfibios durante casi cualquier época del año. Casi todos los inventarios de anfibios detectan también a los reptiles, por lo que puede realizarse el inventario de dos taxa al mismo tiempo. Finalmente, los recientes informes acerca de disminuciones misteriosas y catastróficas de poblaciones anfibias en áreas montañosas de América Central y del Sur, así como en Australia, remarcan la necesidad de información básica sobre las poblaciones globales de anfibios (Laurence et al., 1996; Pounds et al., 1997; Lips, 1998).
5. *Peces*. Los métodos para el inventario de peces son claros y en un corto tiempo pueden producir listados de especies útiles. Como las aves y algunos mamíferos, muchos peces son migratorios y por lo tanto sólo habitan cierto trecho de un río durante temporadas específicas. En lugares de mayor altitud la fauna ictiológica puede ser pobre o no existir. En estos casos no vale la pena hacer inventarios de peces. Muchas especies de peces tienen valor económico y, por lo tanto, necesitan de manejo para prevenir el decrecimiento de las reservas. Si una EER se efectúa en una región con uno o más ríos grandes, el conocimiento de la fauna ictiológica puede ser muy importante para los administradores. Sin embargo, el nivel de la información que se producirá en una EER probablemente no será suficientemente alto para constituir la base de los reglamentos de pesca. Los datos de la EER pueden dirigir la atención a regiones donde se requieren estudios más intensivos para orientar adecuadamente a quienes toman decisiones.

6. *Invertebrados*. En las EER comúnmente no se llevan a cabo inventarios de invertebrados debido a la falta de recursos y la increíble diversidad de especies que ocurren prácticamente en cualquier localidad terrestre del planeta. La mayor parte de la diversidad de invertebrados probablemente se preservará si los esfuerzos de manejo protegen con éxito las poblaciones de todos los vertebrados del área (Balmford y Long, 1995; Lombard, 1995). Los invertebrados acuáticos son una importante excepción a esta regla, porque éstos pueden ser vulnerables si no se dirige atención a los hábitats acuáticos de la zona. Otra excepción son los *Lepidoptera*, que pueden tener necesidades especiales de hábitat para ciertos ciclos de vida (Gilbert, 1980). Los inventarios de invertebrados pueden ser difíciles debido a la falta de zoólogos familiarizados con los taxa. Mientras que sólo un puñado de herpetólogos en un país pueden ser capaces de identificar la herpetofauna, probablemente sólo un puñado de zoólogos en el mundo son capaces de identificar a nivel de especie la mayoría de los taxa de invertebrados. Así, los inventarios de invertebrados deben realizarse en taxa seleccionados sólo si se identifica la necesidad de dicha información y si existe un experto disponible para el inventario.

Objetos de conservación

Tanto la decisión de realizar un inventario de fauna como la decisión sobre qué fauna incluir deben también tomar seriamente en cuenta a los objetos de conservación. Los objetos de conservación son aquéllos que los administradores tienen interés particular en conocer, especialmente su presencia o ausencia, distribución, abundancia y desplazamiento. El uso de objetos de conservación como enfoque de los esfuerzos de la EER puede aumentar la eficacia del muestreo. Existen dos categorías de objetos de conservación: las especies en peligro y las especies exóticas de carácter invasor. Las poblaciones de objetos de conservación pueden correr riesgo porque son raras, amenazadas o en peligro, porque son importantes para la cultura local o vulnerables por otras razones a la extirpación local o global. Estas especies pueden también ser de interés porque su presencia, ausencia o abundancia brinda información sobre procesos ecológicos que ocurren en el área. Por ejemplo, la presencia de algunas especies puede indicar disturbios significativos en el hábitat. Las especies exóticas pueden considerarse como objetivos porque su presencia puede sonar la alarma y ser importante para orientar los esfuerzos de manejo.

Las especies amenazadas o en peligro son de interés porque su tamaño poblacional en el área puede ser muy bajo. Los términos “amenazadas” y “en peligro” se usan aquí en un contexto local. Debido a los bajos tamaños poblacionales, estas especies se consideran amenazadas y en peligro en un sitio en particular aún cuando pueden ser abundantes en otras partes de su distribución. La meta del manejo es aumentar el tamaño de sus poblaciones.

Estas especies pueden estar amenazadas o en peligro en una zona debido a una variedad de razones, incluyendo la destrucción del hábitat, competencia con o depredación por otras especies, explotación mediante cacería o captura para el comercio de mascotas. Además, una especie puede ser endémica a una área geográfica pequeña y por lo tanto puede estar amenazada por la extinción aún cuando su población nunca antes ha sido reducida.

Las especies de carácter invasor o exóticas constituyen otra categoría de objetos de conservación. Estas son especies que son (o pueden llegar a ser) demasiado abundantes en el área. Pueden directamente amenazar a las especies en peligro o simplemente indicar que un proceso benéfico al ecosistema no está funcionando adecuadamente. La meta del manejo es disminuir sus tamaños de población o eliminarlas ya sea mediante acción directa o alterando los procesos del ecosistema (ej., suprimiendo o promoviendo incendios, o aumentando o disminuyendo el flujo de agua).

Las especies de carácter invasor o exóticas pueden proliferar en un lugar en detrimento de las especies nativas. En las islas, las especies exóticas que evolucionaron en hábitats continentales ricos en especies con frecuencia invaden los hábitats de especies nativas. Las especies exóticas (incluyendo aquéllas introducidas intencional o accidentalmente por humanos) pueden también depredar a las especies nativas hasta erradicarlas. En ocasiones la introducción de especies agrícolas, tales como los pastos africanos, pueden promover el esparcimiento de especies de carácter invasor tales como roedores, que a su vez causan el decrecimiento de la fauna nativa. En general, las especies invasoras o exóticas son más problemáticas en islas que en continentes.

Tabla 6-1. Listas de especies globalmente amenazadas y en peligro. Estas listas proveen los criterios internacionales para determinar el estado de conservación de las especies. La sección sobre Fuentes de Información al final de este capítulo incluye referencias para estas listas.

Lista	*Ventajas*	*Desventajas*
Breeding Bird Survey (Inventario de aves en época de apareamiento)	Incluye la mayoría de las aves con época de apareamiento en los Estados Unidos y el sur de Canadá. Brinda información sobre tendencias poblacionales.	Se limita a especies de aves cuya época de apareamiento ocurre en América del Norte.
CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)	Tiene autoridad legal internacional. Abarca todos los taxa.	Trata solamente sobre especies típicamente en comercio a través de fronteras nacionales.
Listas Rojas de la IUCN (Unión Mundial para la Naturaleza)	Cobertura exhaustiva de aves y mamíferos.	Incluye en forma variable vertebrados distintos a las aves y mamíferos. Lista sólo las especies más amenazadas.
Listados Nacionales de Especies en Peligro	Puede tener autoridad legal en su país de origen	Varía de país a país. La mayoría de las listas incluyen sólo vertebrados de gran talla.
The Nature Conservancy/Rangos Globales de los Programas de Patrimonio Natural	Excelente cobertura de especies que ocurren en los Estados Unidos. Considera todas las especies conocidas.	Cobertura variable de los taxa en América Latina o el Caribe. La información no es fácilmente accesible.
Compañeros en Vuelo	Cobertura exhaustiva de aves que migran desde y hacia América del Norte.	Limitada inclusión de especies. Es difícil encontrar los rangos de especies
Acta de los Estados Unidos para las Especies Amenazadas	Tiene autoridad legal en los Estados Unidos. Comprende todos los grupos taxonómicos, incluyendo vertebrados.	Comprende sólo especies en suelo o territorio estadounidense. La inclusión de una especie puede estar sujeta a presiones políticas.

Identificación de objetos de conservación

La identificación de objetos de conservación toma lugar antes de iniciar los inventarios de fauna. Tal identificación se basa en el valor para la conservación, el valor como indicador ambiental, el valor para el ecosistema y la detectabilidad (para las especies en peligro) o en las amenazas a la conservación, el valor como indicador ambiental y la detectabilidad (para las especies de carácter invasor o exóticas). El conocimiento previo del área de la EER es esencial para seleccionar los objetos de conservación. Los objetos de conservación pueden identificarse porque los registros históricos indican su presencia en la vecindad del área o porque se encuentran en un tipo de hábitat que se sabe o se cree que existe en el área. Una manera de identificar objetos de conservación basada en su valor para la conservación es consultar una lista de especies amenazadas y en peligro para un país (tabla 6-1) y seleccionar aquéllas especies que potencialmente pudieran ocurrir en el área.

Alternativamente, un proyecto EER podría comenzar sin la identificación de objetos de conservación. Después de haber realizado inventarios generales, las listas de especies que se generan pueden compararse con listas de especies amenazadas y en peligro para identificar los taxa más importantes detectados durante el estudio. La identificación *a priori* de los taxa que son objetos de conservación es útil porque el muestreo puede dirigirse a estas especies. Sin embargo, si se conoce poco acerca del área, puede ser imposible designar de antemano los objetos de conservación.

Cuando se seleccionan los objetos de conservación amenazados o en peligro en una área de estudio de EER, las siguientes consideraciones resultan útiles:

1. *Valor para la conservación*. ¿Por qué es importante la especie? ¿Está amenazada a nivel global? ¿Tiene importancia cultural local? ¿Es endémica a la localidad? ¿Se somete a la caza en ciertas zonas al grado de que su abundancia en el área proporciona una medida del nivel de cacería que se efectúa actualmente?
2. *Valor como indicador ambiental*. ¿Es susceptible a alguna influencia ambiental (tal como el nivel del agua, incendios o disponibilidad de recursos alimenticios todo el año) y por lo tanto indica que hay factores que perturban al ecosistema local?

3. *Valor para el ecosistema*. ¿Proporciona la especie una función clave para el ecosistema (tal como dispersión de semillas, polinización o depredación)?
4. *Detectabilidad*. ¿Será el esfuerzo de muestreo disponible para la EER realísticamente suficiente para determinar adecuadamente la distribución y abundancia del objeto de conservacón?

Al seleccionar las especies de carácter invasor o exóticas como objetos de conservación son importantes las siguientes consideraciones:

1. *Amenazas a la conservación*. ¿Es la presencia de estas especies una amenaza real o potencial para las especies deseables?
2. *Valor como indicador ambiental*. ¿Indica la presencia de estas especies que algún cambio ambiental no deseable está en desarrollo? ¿Causa la presencia de estas especies el trastorno de procesos fundamentalmente importantes para el ecosistema?
3. *Detectabilidad*. ¿Es posible hacer inventarios eficaces de estas especies?

En lugar de objetos de conservación, una EER puede enfocarse en taxa de alto nivel tales como familias, órdenes o inclusive clases. Esta estrategia es útil cuando las especies individuales que se encuentran en el área se desconocen y la presencia o ausencia de todas las especies del taxon proporciona información ecológica o de conservación importante. Por ejemplo, los psitácidos (pericos y guacamayas) o crácidos (pavas y pavones) son dos familias en las cuales la mayoría de las especies son vulnerables a la caza o explotación para el comercio de mascotas. Todas las especies del orden de mamíferos *Carnivora* juegan un papel importante como depredadores en las comunidades ecológicas; por lo tanto, este orden puede ser un taxon objetivo de utilidad. Muchas poblaciones de anfibios están disminuyendo mundialmente (Pounds, 1997; Lips, 1998); esta clase de vertebrados puede también ser un taxon objetivo adecuado.

Formación y organización del equipo

Un equipo bien coordinado que entiende los objetivos del proyecto y lo que se espera del equipo será capaz de reunir la información faunística más valiosa para la EER. La consideración de las metas del proyecto debe preceder y guiar la formación del equipo de fauna y el diseño del plan de trabajo de campo. Una vez que se haya determinado el alcance del inventario zoológico, el coordinador de la EER puede reclutar a los miembros del equipo de fauna. El tamaño del presupuesto designado a los inventarios de fauna dictará el tamaño del equipo. En general, es deseable contar por lo menos con un especialista y un asistente para cada taxon. Los requisitos para candidatos de equipo incluyen: (1) experiencia en la rama científica, (2) familiaridad con la fauna que es probable encontrar en el área, (3) tiempo disponible para el proyecto, (4) habilidad para manejar datos de manera organizada y presentar resúmenes de datos a tiempo y (5) beneficios adicionales de colaboración con la institución a la cual pertenece el individuo. Debe designarse a uno de los miembros como líder del equipo de fauna. Esta persona será responsable de (1) servir como vínculo entre el equipo de fauna y el coordinador de la EER, (2) asegurar la calidad de los datos reunidos, (3) supervisar la logística de las expediciones, (4) las decisiones tomadas en el campo para modificar la iniciativa o métodos de muestreo y (5) garantizar el informe oportuno de los resultados al coordinador de la EER.

Durante la primera reunión del equipo de fauna, la cual probablemente ocurrirá en el taller de planificación (ver capítulo 2), los miembros deben discutir la propuesta de la EER, iniciar la selección de los métodos de inventario, identificar necesidades de compra de materiales y permisos requeridos, delinear las metas de la revisión de literatura y planificar una sesión de capacitación.

Un paso fundamental del proceso de la EER es familiarizarse con la propuesta oficial de la EER. Todos los miembros del equipo deben comprender los objetivos del proyecto en su totalidad, así como los productos esperados que pueden incluir mapas, listas de especies y recomendaciones de manejo. Debe prestarse atención especial a los objetos de conservación. Si, por ejemplo, el caimán negro se identifica como objeto de conser-

Tabla 6-2. Métodos de estudio para vertebrados. La sección sobre Fuentes de Información al final de este capítulo incluye referencias sobre métodos de estudio.

Técnica	*Descripción breve*	*Ventajas*	*Desventajas*	*Otras consideraciones*	*Materiales necesarios*
AVES					
Conteo de punto Conteo de todas las aves	Vistas o escuchadas durante periodos de tiempo establecidos (ej., 3-10 min.) en puntos separados por 100-200 m.	Detección de especies rápida y eficiente; muestreo en unidades discretas; puede estimar densidades de población si se utiliza un radio fijo.	Especies detectadas entre puntos y fuera de los conteos no se tratan estadísticamente; sólo puede realizarse muy temprano cuando las aves vocalizan.	Requiere un observador familiarizado con la avifauna local.	Binoculares, grabadora para registrar vocalizaciones poco familiares para su análisis posterior por un experto.
Inventario de transectos	Conteo de todas las aves vistas o escuchadas a lo largo de un transecto (usualmente una vereda).	Muy eficaz para detectar a la mayoría de las especies del área estudiada; puede estimar densidades de población si el transecto es de anchura fija.	Unidades de muestreo no son discretas - deben dividirse en muestras de 10-60 min. para su análisis estadístico.	Requiere un observador familiarizado con la avifauna local; se debe tomar nota de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas.	Binoculares (lámpara de cabeza por la noche), grabadora para registrar vocalizaciones poco conocidas para su análisis posterior por un experto.
Red de niebla	Captura de aves en redes; se liberan después de identificarse.	Identificación de especies usualmente más confiable que con métodos de observación; permite medir, colocar bandas y otras actividades.	Consume mucho tiempo; sólo para muestrear aves pequeñas del sotobosque; no se calcula densidad; muestrea una área pequeña; las redes son caras.	Requiere un técnico bien capacitado para remover las aves de la red; el observador no necesita estar familiarizado con la avifauna local si existe una guía de campo.	Redes, astas, bolsas de tela; otro material dependiendo de los datos a obtener de las aves capturadas.
MAMIFEROS					
Trampa Tomahawk, Sherman	Captura de mamíferos no voladores pequeños y de talla media en trampas nocturnas; se liberan después de identificarse.	Prácticamente el único método para muestrear mamíferos pequeños y de talla media; simple y eficaz.	No es posible estimar la densidad en un estudio a corto plazo; los mamíferos de bosques bajos tiene bajo índice de captura.	Las trampas pueden colocarse en partes altas de la vegetación para capturar especies arborícolas.	Trampas, carnada, bolsas de tela, guantes de piel.
Inventario de transectos	Conteo de todos los mamíferos vistos o escuchados a lo largo de un transecto (usualmente una vereda).	Permite el estudio de mamíferos grandes, especialmente primates; puede estimar la densidad.	Consume mucho tiempo; es difícil en vegetación densa.	Requiere un observador familiarizado con mamíferos locales; se debe tomar nota de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas.	Binoculares (lámpara de cabeza por la noche).
Red de niebla	Captura de murciélagos en redes por la noche; se liberan después de identificarse.	Prácticamente el único método para estudiar murciélagos si los sitios de perchas no se conocen. Permite manipularlos para medirse, colocar bandas u otros propósitos.	No calcula densidad; las redes son caras; el índice de captura es bajo en noches de luna.	Requiere un técnico bien capacitado para remover los murciélagos de la red; se colocan redes a lo largo de corredores en el bosque para capturar individuos en una amplia zona.	Redes, astas, bolsas de tela, guantes, lámparas de cabeza; otro material dependiendo de los datos a obtener de los murciélagos capturados.
Análisis de la población humana local	Entrevistas a cazadores y leñadores locales sobre los mamíferos grandes que ocurren en la zona.	Posiblemente el método más rápido para determinar la presencia/ausencia de mamíferos grandes, raros y esquivos; la comunidad participa.	No estima la densidad; la información puede no ser confiable si no se corrobora por otras personas.	Puede ser útil usar ilustraciones o fotografías de especies potencialmente encontradas.	Ninguno, excepto tal vez un guía local que represente a la comunidad.

Inventario dirigido	Depende de los objetos de conservación; puede incluir inventarios de cuevas de murciélagos, de corrientes de agua en busca de evidencia de manatíes o nutrias, vigilancia de pozas de agua que atraen mamíferos grandes.	Puede ser la única técnica disponible para estudiar ciertas especies.	Puede ser demasiado intensivo en cuanto a tiempo; datos negativos pueden ser equívocos (objetos de conservación pueden estar presentes pero ser muy raras o esquivas para detectarse).	Requiere sólido conocimiento de la historia natural de los objetos de conservación.	Depende del método.
HERPETOFAUNA					
Inventario de transectos	Conteo de todos los reptiles y anfibios observados a lo largo de un transecto (usualmente una vereda o corriente de agua); puede requerir voltear troncos, rocas y otros sitios de descanso.	Puede ser la única técnica disponible para estudiar ciertas especies.	Puede ser difícil en vegetación densa; no estima la densidad.	Requiere un observador familiarizado con la herpetofauna local; se debe tomar nota de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas.	Vara para serpientes, lazo corredizo, bolsas de plástico y cuaderno de notas (lámpara de cabeza por la noche).
Parcela de hojarasca	Búsqueda cuidadosa entre la hojarasca de parcelas de 3x3 a 10x10 m.	Se calcula la densidad; detecta especies escondidas.	Consume mucho tiempo; abarca una área pequeña; útil en hábitats donde hay hojarasca.	Requiere un observador familiarizado con la herpetofauna; puede ser peligroso si hay serpientes venenosas.	Cinta métrica, guantes, bolsas de plástico y cuaderno de notas.
Trampa de foso con cercas resbaladizas	Se coloca una cubeta en el foso; se erigen cercas bajas que guían hacia el foso desde direcciones opuestas (pueden colocarse también en forma de túnel); se revisa la trampa periódicamente.	Puede ser un método eficaz para capturar lagartijas de amplia distribución, especialmente en hábitats abiertos.	Pueden consumir mucho tiempo; sólo muestrea un subconjunto de la herpetofauna.	Puede también capturar salamandras y musarañas (las cuales requerirán comida para sobrevivir la noche).	Cubetas, material para cercas, herramientas para excavar el foso y construir la cerca.
Inventarios de congregaciones de anfibios en época de apareamiento.	Se estudian las pozas de agua, marismas, pantanos, charcas u otras congregaciones de anfibios en apareamiento.	Muchas especies de ranas sólo se detectan durante época de apareamiento; se pueden usar vocalizaciones para identificar especies.	Sólo es útil durante episodios de apareamiento, que pueden ser impredecibles; no estima la densidad.	Especies diferentes pueden aparecer en horas distintas de la noche y en días distintos durante el episodio de apareamiento.	Lámparas de cabeza, bolsas de plástico, protección contra picadura de insectos, sanguijuelas o agua fría, cintas de vocalizaciones si las hay.
PECES					
Red profunda	Para capturar peces se sumerge la red en riachuelos.	Captura especies pequeñas en cuerpos de agua pequeños.	No estima densidad; se limita a especies pequeñas en cuerpos de agua pequeños.		Redes, cubetas.
Red barredera	Caminando en el agua se arrastra la red; luego se examinan los peces capturados.	Método eficaz para capturar peces pequeños o de talla media que habitan aguas poco profundas.	Se limita a hábitats poco profundos; no estima densidad; no captura peces grandes.		Red barrredera, cubeta, protección para los pies.
Red de lanzamiento	Se lanza la red en el agua y luego se jala y examinan los peces capturados.	Permite el muestreo de peces de agua profunda.	Puede ser ineficaz; no muestrea especies grandes; no estima densidad.		Redes, cubeta, lancha si es necesario.
Red de agalla	Se coloca en el agua una red vertical, lineal por cierto periodo de tiempo; al sacarla se examinan los peces capturados.	Muestrea peces de aguas abiertas; sirve para especies de talla grande.	Usualmente mata a los peces; no estima densidad; no muestrea especies pequeñas.	Puede requerirse un permiso especial para su uso; puede colocarse en distintos niveles de la columna de agua; distintos tamaños de la malla capturan peces de distinta talla.	Red, boyas, lancha.

vación, entonces los herpetólogos deben planear dedicar parte de su tiempo muestreando a las horas del día cuando los caimanes negros están activos y en los hábitats en los cuales éstos se encuentran.

Métodos para el estudio de fauna

Existen diferentes métodos de muestreo para estudios de fauna; la técnica seleccionada reflejará los objetivos, limitaciones de recursos y preferencias de los expertos en fauna. Las descripciones de métodos de investigación faunística se pueden encontrar en muchos textos (ver la sección sobre fuentes de información al final de este capítulo); nuestra meta aquí es la de proporcionar una descripción general de las ventajas y desventajas de los distintos métodos estándar para muestrear los taxa principales. Asumimos que los especialistas en cada taxon contratados para ejecutar el muestreo son competentes en el uso de las técnicas varias para sus taxa. Nuestro resumen (tabla 6-2) presenta las opciones disponibles más comúnmente utilizadas y está diseñado para ayudar a quienes no son especialistas (incluyendo a los coordinadores de la EER) a comprender por qué algunos métodos pueden ser mejores que otros para producir la información necesaria para el manejo.

Un método a recalcar es el inventario efectuado por miembros de la comunidad local para determinar la presencia y distribución de animales de caza y para el comercio de mascotas. Los investigadores zoólogos acostumbrados a hacer inventarios a fondo tienden instintivamente a optar por un tipo de inventario de encuentro

Parque Nacional Blue and John Crow Mountains, Jamaica

Este parque nacional comprende 79,666 hectáreas de la cadena montañosa Blue and John Crow Mountains. El principal objetivo de la EER era obtener datos sobre las comunidades naturales para la planificación, zonificación y manejo para la conservación, así como capacitar al personal en las metodologías de la EER. Debido a que ya existía información adecuada sobre la biodiversidad de algunas áreas del parque, la EER concentró seis semanas de estudio en las regiones menos conocidas del mismo. Se definieron como resultados una clasificación de comunidades naturales y mapas detallados de información ecológica importante. Las restricciones financieras, de tiempo y logísticas limitaron el estudio ornitológico a una zona del parque. La comunidad de aves en esa zona se caracterizó durante dos días de muestreo, realizando una serie de conteos de diez minutos por punto.

Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba

En contraste con el parque en Jamaica, el área más reducida de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo (11,655 hectáreas) está dominada por cactos y matorral espinoso y no por bosque tropical denso. La meta de la EER ahí era un inventario de vertebrados bastante completo. Además de elaborar una detallada clasificación de las comunidades vegetales, se realizaron inventarios de plantas, mamíferos, aves y herpetofauna durante varias semanas en los principales tipos de hábitat. La Fuerza Naval de los Estados Unidos tenía un interés especial en la localización de aves migratorias neárticas-neotropicales debido a la participación de esta agencia con la organización conservacionista Compañeros en Vuelo. Por lo tanto, se aseguraron fondos adicionales para inventarios de aves en el otoño, invierno y primavera, cuando las aves migratorias aparecerían. Se utilizaron tanto conteos por punto como redes de niebla para registrar especies de aves durante varios días en los distintos hábitats.

Estos esfuerzos más intensos dieron como resultado la observación de 101 especies de aves, de las cuales 62 eran migratorias. Mediante el muestreo en varios tipos de vegetación principales y a través de varias temporadas, la EER fue capaz de identificar los hábitats más importantes tanto para las aves migratorias como para las residentes.

Cuadro 6-1. Intensidad del muestreo en dos EER; Parque Nacional Blue and John Crow Mountains, Jamaica (Muchoney et al., 1994) y la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba (Sedaghatkish y Roca, 1999). Los objetivos de una EER determinarán la intensidad del muestreo para cada grupo taxonómico. Estos dos ejemplos ilustran intensidades bajas (Jamaica) y altas (Cuba) del muestreo de aves.

para el estudio de sus taxa, pero puede ser muy difícil detectar a las especies de caza raras y evasivas durante los cortos periodos de tiempo en el campo disponibles en la mayoría de las EER. Es probable que la información sobre especies de caza se reúna más eficazmente mediante entrevistas a los cazadores locales, quienes pueden tener un conocimiento mucho mejor de estas especies que el que un especialista con doctorado en el estudio de mamíferos puede lograr en una semana de trabajo.

Al seleccionar métodos de inventario, ponemos énfasis en la importancia de que los métodos correspondan con las necesidades de información, tomando en cuenta los límites del presupuesto acordado. Si uno de los objetivos de la EER es producir una lista de aves migratorias entre lugares lejanos que se encuentran en el área, no hay necesidad de utilizar una técnica de inventario que ofrezca información sobre densidad. Si la única técnica de inventario disponible para satisfacer una meta de la EER es demasiado costosa, debe reexaminarse dicha meta y tal vez modificarse.

Consideraciones sobre el diseño de un estudio de fauna

El tipo de método de estudio, la localización de las áreas de muestreo y la manera de obtener los datos, deben decidirse durante el desarrollo del plan de muestreo (ver capítulo 2), deben integrarse con y ser complementos de los esfuerzos de muestreo de vegetación y deben ser coherentes con las metas de la EER en cuanto a generar

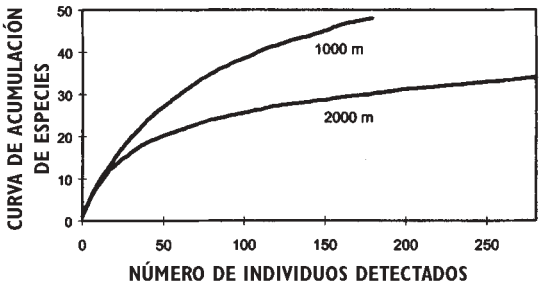
La fórmula más simple y sorprendentemente una de las mejores para estimar la diversidad de variados grupos taxonómicos es la denominada "Chao 1" (S_1*):

$$S_1^* = S_{obs} + \left(\frac{a^2}{2b} \right)$$

donde S_{obs} es el número de especies detectadas, *a* es el número de aves solitarias y *b* es el número de aves en pares. Estudios adicionales han producido dos fórmulas adicionales refinadas, Estimador de Cobertura basado en Abundancia (*Abundance-based Coverage Estimator: ACE*) y Estimador de Cobertura basado en Incidencia (*Incidence-based Coverage Estimator: ICE*), y ambas utilizan especies registradas en diez o menos muestras. Para más información consulte Colwell y Coddington (1994) y Chazdon et al. (1998). Colwell ha producido un eficiente paquete de software llamado EstimateS, que genera curvas suaves de acumulación de especies y calcula las estimaciones antes mencionadas. EstimateS se puede obtener gratis del Internet en: http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates.

Ejemplo. La fórmula Chao 1 se utilizó para predecir la riqueza total de especies de aves en dos zonas altitudinales del complejo de reservas La Selva-Braulio Carrillo al norte de Costa Rica. Se hicieron conteos de diez minutos por punto para muestrear la diversidad de aves en dos localidades ubicadas a altitudes de 1000 y 2000 metros (fuente: B. Young, datos no publicados).

Medición	*Localidad a 1000 m*	*Localidad a 2000 m*
Número de puntos contados	19	25
Número de especies detectadas	49	34
Número de aves solitarias	17	8
Número de pares de aves	9	5
Riqueza de especies "Chao 1"	65.05	40.4



Curva de acumulación de especies. Una gráfica de estos datos revela que a pesar del desigual tamaño de las muestras, las curvas muestran claramente una diversidad relativa más alta en la localidad a 1000 metros de altitud.

Cuadro 6-2. Estimaciones de diversidad de los taxa muestreados

información sobre fauna. El cuadro 6-1 ilustra cómo la intensidad de muestreo fue distinta según las distintas metas de dos EER.

Las metas típicas para adquirir información sobre fauna en una EER, así como las consideraciones de diseño relacionadas, se presentan a continuación:

Meta 1: Asociar las comunidades animales con los tipos de vegetación que habitan. Esta meta común de una EER busca proporcionar por lo menos una primera aproximación a conocer dónde las distintas especies se encuentran en la zona. Aunque parecerá obvio, este objetivo requiere que toda las observaciones de fauna se realicen en las localidades de muestreo donde también se obtienen los datos sobre vegetación. Generalmente los zoólogos tienen su propio sexto sentido sobre dónde es más probable encontrar ciertos animales y una vez que llegan al campo desean partir hacia estos hábitats. Para asegurar la integración de información a través de las disciplinas científicas, los miembros del equipo de fauna deben tener cuidado de restringir sus observaciones a los mismos puntos usados por el equipo de vegetación.

Meta 2: Determinar tan completamente como sea posible la diversidad de los taxa objetivo en el área de estudio o en diferentes subregiones de dicha área. Para la mayoría de las áreas, el trabajo de inventario en una EER por sí solo nunca producirá una lista completa de especies. Sin embargo, si se mantiene al tanto el número total de individuos de cada especie detectada, puede usarse una técnica estadística para calcular el número total aproximado de especies presentes en el área de estudio. El cuadro 6-2 presenta detalles sobre estimaciones de diversidad. Aunque las fórmulas estadísticas de diversidad no generan nombres para las listas de especies, sí proporcionan una aproximación de la diversidad total de los taxa observados en la zona.

Meta 3: Comparar la diversidad de distintas subregiones de una área de estudio. Los administradores pueden estar interesados en saber qué zonas de un área de estudio tienen la mayor diversidad y como consecuencia requieren de un mayor esfuerzo de protección. Todas las comparaciones entre áreas deben incluir control estadístico de los diferentes esfuerzos de muestreo si van a ser significativas. Por ejemplo, será difícil interpretar un resultado que muestra que un área que se muestreó durante cinco días tiene más especies que otra que se muestreó durante tres días. Un método es el de asegurar que se empleó un esfuerzo de muestreo equivalente en cada subregión. Sin embargo, debido a inclemencias del tiempo, limitaciones de tiempo y muchas circunstancias imprevistas, en la práctica raramente puede lograrse una misma intensidad. La mejor manera de comparar áreas es mantener un registro del esfuerzo (ej., número de trampas colocadas, número de kilómetros de vereda investigados o número de puntos contados) y comparar en base al esfuerzo por unidad. La variación en la calidad del observador puede también causar diferencias en el número de taxa detectados en áreas muestreadas por distintos biólogos. De ser posible, el mismo observador debe obtener todos los datos sobre un taxon. Una manera útil de comparar la diversidad entre áreas y tener cierto control sobre la variación en las observaciones, es comparar las curvas de acumulación de especies compiladas para las distintas subregiones. Las curvas de acumulación de especies se describirán en una sección subsiguiente.

Dadas las restricciones de tiempo y esfuerzo en una EER, es difícil obtener información *detallada* sobre la distribución de las especies. Los inventarios de filtro grueso que son parte de una EER pueden exhibir un amplio margen de error al determinar las afinidades de hábitat de las especies detectadas. No obstante, cuando se realiza un muestreo a través del espectro de hábitats presentes se aumenta la probabilidad de detectar aquellas especies que están asociadas con tipos de hábitat particulares. Puede también encontrarse información más detallada sobre afinidades con hábitats particulares en publicaciones científicas.

Meta 4: Caracterizar las comunidades de varios taxa de animales en los distintos tipos de vegetación en un área, con énfasis en los tipos de vegetación más comunes. Si un área consiste principalmente de uno o unos pocos tipos de vegetación, pero contiene otros tipos en zonas relativamente pequeñas, un administrador puede tener más interés en las especies que habitan el tipo o los tipos de vegetación dominantes. Esta situación puede originarse, por ejemplo, si un área protegida se establece para preservar el tipo de vegetación dominante pero otros tipos de vegetación se encuentran mezclados en la periferia. En este caso, el muestreo debe concentrarse en las clases de vegetación dominantes. Si se desea obtener información sobre la diversidad en los tipos de vegetación no dominantes, podría establecerse un esquema en el cual se varía el esfuerzo de muestreo en cada tipo de vegetación de manera proporcional al área total que éste ocupa en la región de estudio.

Meta 5: Mapa de distribución de los objetos de conservación. Los administradores frecuentemente necesitan saber dónde se concentran las especies en peligro o por dónde las especies exóticas se están infiltrando a una reserva. Un mapa es la manera más efectiva de comunicar esta información; por lo tanto, los miembros del equipo deben registrar localizaciones GPS dondequiera que encuentren a un objeto de conservación. Otros elementos sensitivos a la conservación que conviene representar en mapas incluyen las colonias de anidación de aves, cuevas de murciélagos, playas o bancos de río para la anidación de tortugas o cocodrilos, áreas de concentración de aves migratorias y madrigueras de mamíferos grandes.

Meta 6: Realizar un inventario para iniciar un programa de monitoreo. En ocasiones una EER se ejecuta para obtener información básica para la iniciación de un programa de monitoreo. Esta situación requiere gran cuidado para asegurar que los datos de la EER serán compatibles con los datos que se colecten en el futuro. Todas las metas y métodos del programa de monitoreo deben establecerse antes de que se inicie el muestreo para la EER. Las EER ofrecen una imagen estática de las poblaciones de algunas de las especies de la región, pero no proporcionan idea alguna de cómo estas poblaciones fluctúan a través del tiempo con o sin influencia humana.

Estándares taxonómicos

Todos los miembros del equipo deben llegar a un acuerdo sobre el uso de estándares taxonómicos para las descripciones consistentes y estandarizadas de organismos. Un tópico que frecuentemente se pasa por alto en las discusiones efectuadas durante las etapas de planificación de cualquier proyecto que involucra inventarios biológicos es el de la nomenclatura y estándares taxonómicos. Un estándar taxonómico permite a todos los miembros del equipo de zoología y a los lectores del informe tener claridad sobre la base de los nombres taxonómicos usados en el informe. La ciencia de la sistemática es cambiante; los binomios latinos y aún la taxonomía de más alto nivel cambian con frecuencia. Cada subdisciplina debe tener claro qué estándar taxonómico se seguirá al registrar los datos y resumir los resultados. De otra manera, el informe final podría incluir nomenclatura no publicada o antigua y los lectores no sabrán qué entidades biológicas se incluyen. Nótese que no todos los especímenes deben identificarse a nivel de especie. Este nivel de identificación puede resultar imposible para algunas especies, especialmente las inmaduras. No obstante, la información taxonómica asociada con una observación debe concordar con el estándar aunque se liste solamente el género (ej., "*Empidonax* sp.").

Manejo de datos

Los inventarios de fauna pueden producir una gran cantidad de datos, por lo que es esencial tener una estrategia de manejo de datos que detalle qué información se obtiene, registra y analiza. Los formularios de campo son útiles para recordar a los miembros del equipo cuáles son los tipos de datos que se requieren en el campo. Si se planean estratégicamente, estos formularios pueden también facilitar en gran medida la captura de datos. Puede ser necesario contar con formularios distintos para describir cada nivel jerárquico de localidad de muestreo y posiblemente para cada técnica de muestreo. Los formularios bien diseñados no serán útiles si se llenan incompleta o incorrectamente. Así, el líder del equipo debe revisar los formularios de cada miembro del equipo después de la primera ronda de muestreo para asegurar que todos están siendo llenados satisfactoriamente. En el apéndice dos se presentan formularios de muestra.

El equipo necesita también asignar una persona responsable de la captura de datos. Si el presupuesto lo permite, la contratación de un administrador de información de medio tiempo puede liberar al resto del equipo para concentrarse en el muestreo e interpretación de datos. Otra alternativa es que cada equipo de expertos puede tomar la responsabilidad de capturar sus propios datos. Si las condiciones lo permiten, pueden llevarse computadoras portátiles al campo para que los datos se capturen en los campamentos durante periodos en los que el muestreo no sea posible.

La adecuada documentación de los datos, también conocida como *metadatos* según terminología reciente, es muy importante para su interpretación. A medida que el tiempo pasa después del muestreo los

investigadores olvidan rápidamente cuántas trampas colocaron, cuántos kilómetros caminaron, si llovió el día que detectaron ciertas especies de aves, cuál es el significado de símbolos y códigos en los datos, etc. Por esta razón, es crucial registrar toda esta información al momento de obtener y capturar los datos en archivo. Si cada equipo resume sus propios datos, además de presentar una hoja tabular de localizaciones de especies en los distintos puntos (o cualquier otro formato para la presentación de datos) debe también entregar un conjunto completo de metadatos. El líder del equipo de fauna debe ser responsable de establecer los estándares de metadatos para su equipo.

Material y permisos

Los estudios de fauna pueden requerir de material especializado y permisos, los cuales pueden ser difíciles de obtener. Estos artículos deben obtenerse en etapas iniciales del proceso de planificación de la EER.

El equipo de zoología debe hacer un inventario de todos los materiales de campo antes de iniciar los estudios para determinar si cuenta con las herramientas de muestreo necesarias. Los materiales viejos deben repararse, recalibrarse o remplazarse si es necesario. El material que se requiere ordenar debe pedirse mucho antes del inicio del trabajo de campo. El envío de materiales desde distribuidores fuera del país puede ser lento y los agentes de la aduana local pueden retardar considerablemente el proceso y ocasionar costos adicionales.

Debido a las regulaciones de CITES y al creciente comercio en especies en peligro de extinción algunos distribuidores regulan la venta de ciertos materiales. Por ejemplo, la compra de redes de niebla de distribuidores en los Estados Unidos debe ir acompañada por un permiso para colocar bandas emitido por el Departamento de Asuntos Interiores de los Estados Unidos. Los científicos de nacionalidades distintas a la estadounidense deben identificar a colegas de los Estados Unidos que les ayuden en la compra de materiales reglamentados o deben contactar al distribuidor directamente para obtener instrucciones internacionales especiales sobre cómo comprar este material.

La solicitud de permisos de investigación debe iniciarse con bastante anticipación al trabajo de campo. La mayoría de los países cuentan con un sistema para reglamentar la investigación, especialmente cuando comprende la captura y manipulación de animales silvestres. Los miembros del equipo de fauna probablemente tendrán experiencia con los procesos legales adquirida en investigaciones anteriores. Dependiendo de la organización del proceso para los permisos en un país en particular, será conveniente que los zoólogos se unan a los botánicos para someter una solicitud de permiso conjunta para el trabajo de campo total de la EER.

Revisión de la literatura

Debido a que usualmente el tiempo y el dinero son factores que limitan qué tan profunda o factible sea una EER, debe evitarse duplicar esfuerzos anteriores. La eficacia para obtener información es siempre necesaria. Como parte del proceso de planificación debe reunirse información de todas las fuentes disponibles. No debe asumirse que los datos existentes no serán relevantes para los objetivos particulares de la EER; cualquier tipo de información sobre la fauna de cierta región de muestreo o incluso de hábitats similares en una región distinta, es siempre útil. La propuesta de la EER debe ya incluir bibliografía seleccionada sobre el área de estudio y su fauna. Además, los miembros del equipo de zoología deben buscar información de otras referencias bibliográficas y colecciones de museo. También, los investigadores que han trabajado anteriormente en el área pueden tener notas de campo no publicadas que podrían ser útiles para compilar las listas de especies. Si, por ejemplo, las especies que se encuentran en el área son bastante bien conocidas, la EER puede cambiar su enfoque hacia los objetos de conservación. Alternativamente, una sección del área de estudio puede ya haberse investigado, lo cual permitirá al equipo de la EER concentrarse en otras secciones.

Capacitación

Hasta hoy, nuestra experiencia ha demostrado que los talleres de capacitación realizados antes de iniciar el trabajo de campo son necesarios para el éxito de un proyecto de EER, especialmente si se van a inventariar varios

grupos taxonómicos y el equipo de fauna está formado por más de una persona. Durante estos talleres, los miembros del equipo revisan los métodos que se utilizarán para el inventario de fauna y cómo se van a registrar los datos en el campo y más tarde organizar en una base de datos. Los miembros del equipo deben comprender cómo los datos que ellos obtienen encajan en el esquema general de la EER. Con este conocimiento, será menos probable que los investigadores de campo hagan cambios de último momento al protocolo del inventario que pudieran menoscabar la interpretación general de los datos, tales como muestrear en una área que no tiene datos sobre vegetación. La naturaleza integral de las EER requiere un alto grado de coordinación entre los miembros del equipo; un taller de capacitación bien presentado contribuye a asegurar que ocurra esta coordinación.

Durante el taller de capacitación, los miembros del equipo aprenden cómo registrar los datos de manera jerárquica en las localidades de muestreo dentro de diferentes regiones a través de la zona que se investiga. Se introducen los formularios de campo que se utilizarán para registrar datos y los participantes aprenden cuándo llenar los distintos formularios. El taller también presenta la oportunidad de tomar decisiones finales sobre los esquemas y protocolos de muestreo y de repasar estos planes con el equipo de fauna completo. Pueden también finalizarse las estrategias para la interpretación de datos y comparación entre regiones. Al final se producirá un programa detallado para cada día de actividades de inventario faunístico que servirá para coordinar la logística del inventario de campo y para informar a los participantes de otros equipos de la EER sobre las actividades del equipo de fauna.

El taller puede tener mayor éxito si es facilitado por un zoólogo externo que tenga experiencia previa en proyectos EER. Con frecuencia los miembros del equipo nunca antes han participado en un proyecto de tal magnitud que integra información de varias disciplinas de una manera tan rápida como ocurre en una EER. Ascender desde proyectos de tipo individual, en los cuales la mayoría de los participantes tienen experiencia, no siempre resulta sencillo. Un zoólogo capacitado en metodología EER puede impartir al equipo conocimientos adquiridos mediante experiencias y errores de previas EER para el mejoramiento de la comunicación, coordinación y logística.

Plan de trabajo y plan de muestreo

El plan de trabajo para el inventario explica los componentes del proyecto que deben efectuarse, quién los llevará a cabo y cuándo. Por definición, las EER necesitan realizarse con rapidez. Un plan de trabajo detallado ayudará a los miembros del equipo a enfocarse en su trabajo y evadir distracciones que pudieran causar retrasos. Los proyectos EER pueden languidecer cuando no se siguen estrictamente los planes de trabajo. Idóneamente, los planes de trabajo zoológico deben desarrollarse después de completar y verificar una clasificación preliminar de los tipos de vegetación. El plan de trabajo debe listar todas las tareas que deben realizarse para completar el proyecto exitosamente, incluyendo logística, recolección de datos, administración, análisis y elaboración de informes. Debe identificarse a los miembros de equipo responsables de ejecutar cada tarea y decidirse las fechas estimadas de finalización. Todos los tipos de vegetación a estudiarse, así como sus localidades de muestreo respectivas, deben determinarse en colaboración cercana con los botánicos y detallarse en el plan de trabajo. Debido a que para entonces los botánicos ya habrán verificado los tipos de vegetación, ellos podrán proporcionar orientación para seleccionar las localidades de muestreo y determinar el mejor acceso al área.

Además del plan de trabajo, el equipo de zoólogos debe desarrollar un plan de muestreo, el cual es una descripción detallada de las actividades diarias del equipo en el campo. Por ejemplo, el plan de muestreo podría señalar en qué días los expertos en mamíferos pondrán las trampas, las redes y harán los inventarios de transectos. El mismo plan de muestreo podría también detallar lo que el equipo de ornitólogos estará haciendo los mismos días. Escribir un plan de muestreo obliga a todos los miembros de un equipo a ser realistas acerca del tiempo disponible y el esfuerzo que invertirán en cada región. La tabla 6-3 presenta un ejemplo de plan de muestreo para fauna desarrollado para una EER que se estaba llevando a cabo en la sabana del Chaco en Paraguay durante la preparación de este libro.

Una importante lección aprendida como resultado de EER pasadas es que la flexibilidad es esencial al diseñar planes de muestreo. Inclemencias del tiempo, descompostura de vehículos, colonias de abejas africanas recientemente establecidas en letrinas y una multitud de otros imprevistos, pueden conspirar para alterar el horario de un

Tabla 6-3. Horario de trabajo de campo para el muestreo de fauna en la EER de Defensores del Chaco.

Puntos de Muestreo					
Equipo	*Fecha*	*Ps. Obs. Diurna*	*Clase de Vegetación*	*Ps. Obs. Nocturna*	*Clase de Vegetación*
Todos	12-Ago.	Viaje a Madrejón			
Mastozoología	13	1-5	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*	1-5	Bosque de *Calycophyllum multiflorum*
Mastozoología	14	1-5	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*	16-18	Quebrachal cerrado
Mastozoología	15	16-17	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*	54	Cerro León
Mastozoología	16	54	Cerro León	16-21	Quebrachal cerrado
Herpetología	13	1-2	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*	1	Bosque de *Calycophyllum multiflorum*
Herpetología	14	3-4	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*	16	Quebrachal cerrado
Herpetología	15	16-17	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*	54	Cerro León
Herpetología	16	54	Cerro León	2	Bosque de *Calycophyllum multiflorum*
Ornitología	13	1	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*		
Ornitología	14	2	Bosque ribereño de *Calycophyllum multiflorum*		
Ornitología	15	16	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*		
Ornitología	16	54	Cerro León		
Todos	17	Viaje a Asunción			
Todos	31-Ago.	Viaje a Madrejón			
Todos	1-3 -Sept.	6-9	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*	6-9	Quebrachal cerrado
Todos	4-Sept.	Viaje a Cuatro de Mayo			
Todos	5-14	23,26-27	Bosque denso de *Aspidosperma quebracho-blanco*	23,26-27	Quebrachal cerrado
Todos		29	Sabana de *Elionurus muticus*	29	Espartillar
Todos		22,24-25	Bosque de transición de *A. quebracho-blanco / C. multiform*	22,24-25	Zona de transición de Quebrachal/Palo Blancal
Todos	15	Viaje a Asunción			
Todos	30-Sept.	Viaje a Lagerenza			
Todos	1-6-Oct.	48,49	Transición de bosque abierto de *Aspidosperma pyrifolium*/Arbustal	48,49	Transición de bosque abierto de *Aspidosperma pyrifolium*/Arbustal
Todos		50	Bosque mixto húmedo	50	Bosque mixto húmedo
Todos		36,38	Transición de bosque abierto de *Aspidosperma pyrifolium*/arbustal	36,38	Bosque cerrado de *Aspidosperma pyrifolium*
Todos		37	Sabana de *Elionurus muticus*	37	Espartillar
Todos	7	Viaje a Lagerenza			

equipo. Por lo tanto, planes de muestreo realistas incluyen planes de contingencia. La coordinación cercana de actividades entre todos los miembros del equipo de fauna garantizará que se siga el plan de trabajo.

Logística de campo

Los viajes pobremente coordinados usualmente generan datos deficientes obtenidos incorrectamente. El líder del equipo de fauna y el coordinador de la EER deben organizar cuidadosamente el transporte (tanto de personal como de materiales), la comida y otras necesidades del equipo de campo. Con el fin de que el tiempo valioso (y costoso) dedicado al trabajo de campo se utilice eficazmente deben considerarse numerosos detalles, tales como tener las llaves de albergues rurales, mapas de localidades de muestreo, fuentes de poder, radios para comunicación, etc. La coordinación logística esmerada debe continuar a lo largo del periodo de trabajo de campo y no parar al momento en que el equipo llegue al campo.

Una nota acerca de la seguridad

Planear la seguridad del equipo es una parte de la coordinación logística. Así, para prevenir que ocurran accidentes el líder del equipo de zoología debe revisar junto con el equipo los asuntos pertinentes a la seguridad antes de irse a trabajar al campo. Esta persona debe también asegurarse de que cada expedición lleve un juego de primeros auxilios bien provisto y que los miembros del equipo sepan qué hacer en casos de emergencia. Las heridas, deshidratación, mordidas de serpientes y otras emergencias médicas, no sólo alteran el programa del proyecto, sino que también resultan peligrosas a las víctimas, especialmente si no se previó este tipo de contingencias. Recomendamos tomar todas las acciones preventivas posibles para emergencias y saber qué hacer si se presenta lo inesperado.

En el campo

Enseguida de la planificación del inventario faunístico el equipo se transporta al campo y comienza el muestreo en la manera acordada en reuniones y talleres previos. Inevitablemente ocurrirán situaciones que impidan seguir con precisión los protocolos de muestreo: un derrumbe reciente bloquea una vereda, una lluvia que ha durado una semana, un claro de bosque reciente en uno de los puntos de observación o cualesquiera otros escenarios innumerables. Las EER son característicamente flexibles para acomodar estas circunstancias imprevistas. Cuando se ajusta el horario y el plan de muestreo de acuerdo a estos eventos deben siempre mantenerse presentes las metas de la EER para asegurar que los datos obtenidos aún serán útiles para el proyecto. Siempre que sea posible, los investigadores de campo deben consultar con el líder del equipo de zoología cuando vean la necesidad de alterar el esquema u horario de muestreo.

Todos los miembros del equipo deben estar familiarizados con la lista de objetos de conservación que se ha desarrollado. Puede suceder que una águila de dicha lista vuele sobre los herpetólogos cuando el equipo de ornitólogos esté trabajando en otro peñasco. Un herpetólogo alerta tomará nota de esta observación y la informará al equipo de ornitólogos tan pronto como se encuentre con ellos nuevamente. Si todos están atentos a buscar objetos de conservación el equipo producirá un mapa más completo de la distribución de estas especies que si cada trabajador se concentra solamente en su taxon designado.

Colecciones

Aunque la producción de una extensa colección de referencia no es el objetivo primario de la mayoría de las EER, la colección de especímenes puede jugar un papel importante en el proceso. Las especies que no pueden identificarse en el campo y aquéllas cuya presencia en la región representa una extensión de su distribución deben colectarse si (1) se tiene experiencia en la preparación de esos especímenes, (2) el preparador del espécimen cuenta con el tiempo y materiales necesarios y (3) los especímenes pueden arribar a un museo apropiado para ser curados antes de descomponerse. Si se anticipa que se colectarán especímenes, entonces debe incluirse

en las etapas de planificación del proyecto la preparación necesaria (incluyendo materiales y equipo de colecta, arreglos con un museo para que se reciban los especímenes y procesamiento de permisos). En anteriores EER se han colectado especímenes que han resultado ser especies nuevas para la ciencia, lo cual es un beneficio innegable para la conservación y una contribución científica significativa.

Compilación de datos e interpretación de resultados

La producción de información que tiene sentido tanto para administradores como para expertos en políticas requiere una compilación y análisis competentes de grandes cantidades de datos. Si se desarrollaron estrategias de manejo de datos en la etapa de planificación y se han digitalizado los datos y metadatos, ahora el trabajo puede enfocarse al análisis y no a la localización de datos faltantes. La manera más eficiente de organizar este trabajo consiste en efectuar en orden los siguientes pasos:

1. *Completar la captura de datos*. Si todavía están pendientes algunas identificaciones de especies o si los datos de un punto de observación no están disponibles aún, debe reunirse esta información antes de analizar los datos. De lo contrario, será necesario repetir análisis similares a medida que se obtienen los nuevos datos.
2. *Control de calidad de los datos*. Conviene elaborar algunas gráficas y análisis preliminares para asegurar que el método analítico aplicado a los datos es razonable. Si se registraron 15 a 25 individuos por punto, un punto con 197 individuos será sospechoso y deberá revisarse para verificar que el número en el formulario de campo coincide con el número en la computadora. Similarmente, debe tenerse precaución con especies fuera de su rango de distribución o cualquier otra irregularidad que puede representar error humano y no un fenómeno natural. Si un proyecto cuenta con fondos excepcionalmente abundantes debe considerarse la captura doble de los datos; dos individuos capturan todos los datos y después utilizan software de control de calidad para marcar todas las incidencias de valores dispares entre los dos.
3. *Producir tablas y gráficas sinópticas*. Ya que la base de datos esté completa y precisa pueden realizarse los análisis para obtener los resultados generales. Más adelante se listan ideas para resúmenes de datos.
4. *Conducir análisis más detallados*. Si se planeó previamente, deben calcularse curvas de acumulación de especies, estimaciones de la diversidad u otros datos estadísticos. Se deben también elaborar mapas de objetos de conservación, si es lo que se planeó originalmente.
5. *Decidir cuáles serán las principales conclusiones y recomendaciones*. Deben elaborarse las acciones de manejo que será prudente tomar en cuenta en vista del conjunto de especies que habitan la región y de su distribución en relación con otros rasgos geográficos y antropogénicos. En la siguiente sección se enumeran algunos ejemplos de recomendaciones.
6. *Escribir el informe del estudio de fauna*. Ya que se hayan completado todos los análisis y se haya llegado a las conclusiones, debe empezar a escribirse el informe. La redacción no debe comenzar antes de haber reunido y analizado toda la información disponible. Algunas secciones que es importante incluir son la introducción, comprendiendo los objetivos del estudio, los métodos empleados para lograr los objetivos, un resumen de los resultados y una discusión sobre cómo los resultados guardan relación con los objetivos del proyecto. Para ahorrar tiempo, el líder del equipo de fauna debe tratar de escribir de manera tal que permita al coordinador de la EER copiar fácilmente secciones del informe de fauna e insertarlas directamente en el informe final de la EER. El informe debe escribirse para un público general, no en un estilo con miras a publicarse en una revista científica. Cuanto más simple y clara sea la escritura, especialmente las figuras y tablas, más fácil será su comprensión para los administradores no especializados y los políticos.

Resúmenes de datos

Es esencial producir buenos resúmenes de datos que provean un panorama conciso de los resultados principales del estudio. Los siguientes son ejemplos de resúmenes típicos de los estudios de fauna:

1. *Diversidad taxonómica por tipo de vegetación*. Una manera eficaz de iniciar la sección de resultados de un informe del estudio de fauna es presentar una tabla simple listando el número de especies para cada taxon localizado en cada tipo de vegetación. Considere la inclusión del nombre de cada tipo de vegetación, su extensión en la región y el esfuerzo invertido en el estudio ahí realizado, además del número de especies de aves, mamíferos y otros taxa. La tabla 6-4 contiene un ejemplo de un resumen de datos perteneciente a una EER efectuada en el Parque Nacional del Este, República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997). Si se estimó la diversidad en cada tipo de vegetación, dicha información podría incluirse en el resumen de la diversidad o insertarse en una tabla separada.
2. *Lista de objetos de conservación*. Es de gran utilidad para los administradores contar con una lista de objetos de conservación localizados en el área de estudio. Las especies pueden identificarse por su estado de conservación, por el tipo de vegetación donde se encontraron o por la subunidad espacial donde se localizaron. Si los objetos de conservación incluyen tanto taxa en peligro como taxa con problemas de conservación, tal como las especies de la periferia o especies exóticas, deben separarse los dos grupos en las tablas para mayor claridad. La tabla 6-5 muestra un ejemplo de lista de objetos de conservación de la EER realizada en la Cuenca del Canal de Panamá (ANCON y The Nature Conservancy, 1996).
3. *Listas de especies*. Debe incluirse en el cuerpo del informe o como apéndice una lista de todas las especies identificadas. Para brindar más información al lector, las especies pueden listarse con los tipos de vegetación donde se detectaron y una indicación de qué tan comunes o raras son. Los administradores no especializados y otros lectores aprecian tanto los nombres comunes como los científicos. Listar las especies junto con sus niveles taxonómicos más altos (familia y orden) ayuda también a los lectores acostumbrados a una secuencia taxonómica distinta para las especies o a otras autoridades taxonómicas.

Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies muestran qué tan rápidamente aumenta el número de especies detectadas en cierta localidad con relación al aumento en el esfuerzo de muestreo. Estas curvas generalmente aumentan drásticamente durante las muestras iniciales y después más lentamente a medida que las especies comunes se han detectado. Empleadas comparativamente, las curvas de acumulación de especies son útiles para contrastar la riqueza de especies en varias localidades aún cuando el esfuerzo de muestreo haya sido distinto. Las curvas en sí no estiman la diversidad total de especies en una localidad. En el cuadro 6-2 se presenta la curva de acumulación de especies de un inventario de aves en Costa Rica.

Tabla 6-4. Diversidad taxonómica por tipo de vegetación en una EER realizada en el Parque Nacional del Este, República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997). Las metas de esta EER fueron caracterizar los tipos de vegetación dentro del parque y estudiar la flora y fauna de cada uno de ellos.

Tipos de vegetación	*Area (km²)*	*Plantas Vasculares*	*Mamíferos*	*Aves*	*Reptiles*	*Anfibios*	*Insectos*
Bosque latifolio semihúmedo alto	49.9	40	6	24	14	1	18
Bosque latifolio semihúmedo medio	277.26	36	7	26	7	3	16
Bosque latifolio semihúmedo en humedales rocosos	11.95	11	-	-	7	-	2
Bosque latifolio semihúmedo en humedales salados	2.71	6	-	6	1	-	-
Manglar costero permanentemente inundado	1.36	1	-	1	-	-	-
Arbustal en roca caliza	27.26	14	2	13	6	-	10
Arbustal enano costero	3.60	27	-	6	7	-	-
Sabana en marisma salada	2.82	2	1	-	1	-	-
Vegetación escasa sobre rocas	2.59	16	1	2	3	-	6
Plantaciones de cacao abandonadas	3.25	20	-	18	-	-	-
Vegetación secundaria	18.09	23	-	14	-	-	-

Tabla 6-5. Lista de objetos de conservación localizados en un bosque alto subcaducifolio durante la EER realizada en Semaphore Hill en la Cuenca del Canal de Panamá (ANCON y The Nature Conservancy, 1996). USESA = U.S. Endangered Species Act, LE = listada como amenazada; Ley Panameña = especies protegidas por la legislatura de Panamá; rangos Global y Nacional = estado de conservación de acuerdo a The Nature Conservancy/Programas de Patrimonio (en escala 1-5 donde G1/N1 corresponde a las más amenazadas y G5/N5 a las más seguras); BBS = Breeding Bird Survey (representan porcentajes de cambio anual en las poblaciones de América del Norte durante los últimos 10 años).

Nombre científico	*USESA*	*Ley Panameña*	*Rango global*	*Rango nacional*	*BBS*
AVES					
Dendroica castanea			G5		-10.2%
Ortalis cinereiceps		•	G5	N3	
Passerina cyanea			G5		-1.3%
Tinamus major		•	G5	N4	
MAMIFEROS					
Alouatta palliata	LE	•	G3	N5	
Cebus capucinus		•	G4	N5	
Saguinus oedipus geoffroyi	LE	•	G3	N3	
Odocoileus virginianus		•	G5	N5	
Agouti paca		•	G5	N3	
Nasua narica		•	G5	N5	
Dasyprocta punctata		•	G5	N5	
Dasypus novemcinctus		•	G5	N5	
ANFIBIOS					
Bufo typhonius				N1	
Centrolenella granulosa				N1	
Chiasmocleis panamensis				N1	
Eleutherodactylus diastema				N2	
Eleutherodactylus vocator				N1	
REPTILES					
Iguana iguana		•		N3	

Las curvas de acumulación de especies son de mayor utilidad si se suavizan mediante la repetida alteración al azar del orden en el cual se agregan las muestras, calculando posteriormente un número promedio de especies acumuladas por cada nivel de esfuerzo. De esta manera se elimina la variación en la forma de la curva causada por el orden de muestreo y las curvas pueden compararse más directamente. El programa EstimateS ofrece una herramienta simple para producir curvas suaves de acumulación de especies (disponible sin costo en http://viceroy.eeb.unconn.edu/estimates).

En ciertos estudios de vertebrados, especialmente para el estudio de las aves, la unidad de muestreo más conveniente es el individuo detectado (ej., un murciélago capturado en una red o una ave detectada durante el inventario de un transecto, un reptil o anfibio capturado en una trampa), en lugar de una unidad de tiempo de muestreo (ej., una hora de muestreo o una hora de red de niebla). El uso del individuo como unidad de muestreo controla la variación temporal en la detectabilidad causada por el hecho de que ciertas horas del día son más productivas que otras para la detección de animales. De manera similar, las curvas de acumulación de especies pueden también controlar parcialmente la variación de observación, asumiendo que los observadores tienen diferentes habilidades para localizar animales pero que son igualmente capaces de identificar a un animal una vez detectado.

Elaboración de mapas de resultados del estudio de fauna

Los mapas son una herramienta poderosa para presentar visualmente los datos del estudio de fauna. En la medida en que el equipo cartográfico de la EER pueda ayudar, deben presentarse en formato de mapa tantos datos sobre fauna como sea posible. Los mapas son visualmente más atractivos que las tablas o el texto y, por lo tanto, es más probable que los lectores presten atención a los mapas que a otra información presentada en el informe.

Debe tomarse en cuenta el peligro que acarrearía la amplia difusión de la localización de una especie amenazada. Por ejemplo, las localizaciones de árboles donde anidan las guacamayas debe ser confidencial para evitar que la información llegue a manos de cazadores furtivos. Una solución que se ha utilizado en ocasiones es representar las localizaciones de especies sensitivas mediante cuadros en los mapas (por ejemplo, de 0.5 kilómetros de lado) que indican que la especie en cuestión se localiza dentro del cuadro, pero sin revelar la ubicación exacta. El cuadro no debe centrarse exactamente en la localización del elemento, porque entonces la localidad no será lo suficientemente vaga. Puede emplearse una rutina al azar para desplazar el centro del cuadro a diferentes distancias de la localización verdadera.

Las siguientes son sugerencias para la elaboración de mapas con los datos faunísticos. Consulte al equipo cartográfico para obtener detalles sobre proyecciones, escalas y requerimientos de información.

1. *Localizaciones de objetos de conservación*. La distribución espacial de los objetos de conservación ayuda a los administradores a determinar diferentes categorías de protección o uso de las distintas unidades de una región. Cuando las localizaciones de objetos de conservación se presentan junto con rasgos políticos y geográficos tales como límites del área, carreteras, veredas, contornos altitudinales, ríos y centros de población, éstas son clave para el diseño de planes de manejo eficaces. Al igual que con las tablas sinópticas, puede resultar más claro elaborar mapas separados para los objetos de conservación en peligro y aquéllas que causan problemas para la conservación. Si una especie problema afecta la población de una especie en peligro será lógico representar los dos elementos en el mismo mapa. Un mapa que muestra las relaciones entre especies en peligro y los hábitats donde se encontraron se muestra en el capítulo 4, mapa 10.
2. *Diversidad*. Si se midió o estimó la diversidad en diferentes tipos de vegetación u otras subunidades del área, puede producirse un mapa del área que represente las subunidades con un patrón o color diferente, indicando una escala de diversidad. Otros mapas pueden mostrar la diversidad total, la diversidad de los distintos grupos taxonómicos (ej., mapas distintos para aves, mamíferos, etc.) y número de objetos de conservación si es apropiado.
3. *Localizaciones de otros elementos biológicos importantes*. Si el equipo de fauna mantuvo registros de lagunas de apareamiento de anfibios, concentraciones de aves migratorias o aves que se reproducen en colonias, perchas de murciélagos, playas de anidación u otros fenómenos biológicos importantes, éstos pueden también representarse en los mapas. Reiteramos que la información espacial proporcionada será inapreciable para la toma de decisiones de manejo y la determinación de prioridades de protección.

Recomendaciones de manejo

Para promover la viabilidad a largo plazo de la diversidad faunística encontrada en la región, se formulan recomendaciones de manejo que emanan del análisis y que toman en consideración la perspectiva del público a quien se dirigen. No tiene sentido alguno recomendar acciones sobre las cuales el público receptor no tiene control, autoridad o habilidad para actuar. Las recomendaciones no deben representar nociones preconcebidas que podrían haberse formulado sin necesidad de los datos obtenidos. Las sugerencias tendrán mayor peso y autoridad si son objetivas y permiten que sean los datos los que motiven las recomendaciones. Los siguientes son ejemplos de recomendaciones de manejo típicas:

1. *Sugerencias sobre la zonificación de una área para usos mixtos*. El ejercicio cartográfico puede mostrar dónde se concentran las especies en peligro. Estas áreas deben señalarse para un nivel de protección más alto o para uso humano menos intenso que las áreas donde no se encontraron objetos de conservación. Tenga cuidado de no interpretar la ausencia de objetos de conservación como una falta de esfuerzo de inventario. Si una área del mapa no tiene objetos de conservación, esta ausencia puede ser resultado de la verdadera ausencia de tales especies o bien de la falta de trabajo de inventario en esa área.

2. *Sugerencias para acciones de manejo activo*. Las concentraciones de especies exóticas o periféricas pueden ocasionar problemas para una área protegida. Estas zonas de concentración pueden ser objeto de programas de manejo intensivo para aminorar las amenazas.
3. *Consideración de asuntos relacionados con la cuenca hidrológica*. Considere las implicaciones del manejo de uso mixto para la cuenca hidrológica. Por ejemplo, un programa de extracción maderera selectiva puede deteriorar la integridad de un pantano o laguna río abajo, donde los anfibios se aparean.
4. *Direcciones para la adquisición de tierras en el futuro*. Si el área se ha designado para expansión futura es adecuado ofrecer sugerencias sobre dónde debe ocurrir dicha expansión. Por ejemplo, una EER del Parque Nacional Pantanal en Brasil (FPCN, 1992) reveló que la mayor parte del parque contenía sabanas de inundación temporal. La mayoría de los vertebrados terrestres migraban entre las sabanas en la temporada seca y los bosques de tierras altas durante la temporada de lluvias; así, el parque actualmente no proveía protección a los refugios de estas especies durante la temporada de lluvias. La EER identificó la ubicación de estos refugios cerca del parque y dos de dichas áreas se adquirieron más tarde para establecer reservas privadas.
5. *Sugerencias sobre control de la cacería*. La EER puede proporcionar información sobre la densidad de especies de caza, lo cual es útil para determinar si la caza debe controlarse o incluso suspenderse por completo en el área.
6. *Identificación de las amenazas principales a la fauna*. La visita al área de estudio durante los inventarios contribuye a que el equipo de fauna adquiera una impresión adecuada de las principales amenazas a la fauna. Estas amenazas pueden incluir la caza por la carne o para el comercio de mascotas, la minería, la destrucción del hábitat, los incendios o falta de ellos, la calidad y volumen del agua o una variedad de otras posibilidades. Cualquier evidencia acumulada por el equipo que contribuya a la identificación de amenazas será de utilidad para los administradores. La evaluación de amenazas se trata con mayor profundidad en el capítulo 8.
7. *Necesidades de monitoreo*. El equipo de fauna podría descubrir que las poblaciones de una o más especies son vulnerables y requieren de monitoreo para determinar si se requiere la intervención mediante manejo.
8. *Prioridades para investigación futura*. Las EER tocan apenas la superficie de las dinámicas de comunidades faunísticas. Puede ser necesario adquirir más información sobre desplazamiento de animales, variaciones estacionales, historia natural o influencia humana antes de poder desarrollar decisiones de manejo acertadas. Los detalles sobre estas prioridades de investigación deben también presentarse en los informes de la EER.

Conclusión

Los estudios de la fauna son componentes integrales de la mayoría de las EER. Estos estudios proporcionan rutas iniciales hacia la biodiversidad de áreas importantes. Con una consideración cuidadosa de las metas de la EER y con la cauta elección de las técnicas de investigación adecuadas, el equipo de fauna puede ofrecer información muy valiosa para las decisiones de manejo. La clave para el éxito del equipo de fauna está en la planificación prudente antes de iniciar los estudios y en la coordinación a lo largo del proyecto.

Referencias bibliográficas

ANCON (Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza) y The Nature Conservancy. 1996. *Ecological Survey of U.S. Department of Defense Lands in Panama. Phase II: Albrook Air Force Station, Corozal, Fort Clayton, Fort Amador, Quarry Heights, Semaphore Hill, Summitt Radio Station.* Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Balmford, A., y A. Long. 1995. Across-country-analyses of biodiversity congruence and current conservation effort in the tropics. *Conservation Biology* 9:1539-1547.

Chazdon, R. L., R. K. Colwell, J. S. Denslow y M. R. Guariguata. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. En *Forest*

Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual Background and Old World Case Studies, editado por F. Dallmeier y J. A. Comiskey. Paris: Parthenon Publishing.

Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society* (Series B) 345: 101-118.

FPCN (Fundação para a Conservação da Natureza). 1992. *Pantanal Avaliação Ecológica Rápida*. Informe inédito. Brasilia: FPCN.

Gilbert, L. E. 1980. Food web organization and conservation of Neotropical diversity. En *Conservation Biology*, editado por M. E. Soulé y B. A. Wilcox. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

Heske, E. J., J. H. Brown y S. Mistry. 1994. Long-term experimental study of a desert rodent community: 13 years of competition. *Ecology* 75:438-445.

Laurence, W. F., K. R. McDonald y R. Speare. 1996. Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rain forest frogs. *Conservation Biology* 10:406-413.

Lips, K. R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12:106-117.

Lombard, A. T. 1995. The problems with multi-species conservation: do hotspots, ideal reserves and existing reserves coincide? *South African Journal of Zoology* 30:145-163.

Muchoney, D. M., S. Iremonger, y R. Wright. 1994. *Blue and John Crow Mountains National Park, Jamaica*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Nature Conservancy, The. 1997. *Evaluación Ecológica Integral: Parque Nacional del Este, República Dominicana. Tomo 1: Recursos Terrestres.* Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Pounds, J. A., M. P. L. Fogden, J. M. Savage y G. C. Gorman. 1997. Tests of null models for amphibian declines on a tropical mountain. *Conservation Biology* 11:1307-1322.

Sedaghatkish, G. y E. Roca. 1999. *Rapid Ecological Assessment: U.S. Naval Station Guantanamo Bay, Cuba*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Terborgh, J., S. K. Robinson, T. A. Parker III, C. A. Munn y N. Pierpont. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs* 60:213-238.

Timm, R. M. 1994. The mammal fauna. En *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest,* editado por L. A. McDade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheide y G. S. Hartshorn. Chicago, Ill: University of Chicago Press.

Referencias sobre estándares taxonómicos

American Ornithologist's Union. 1998. *Check-list of North American Birds*, 7a ed. Lawrence, Kan: Allen Press. Abarca todas las especies de aves de América del Norte, América Central y el Caribe.

Frost, D. R. 1985. *Amphibian species of the world: A taxonomic and geographic reference*. Lawrence, Kan: Allen Press, Inc. y The Association of Systematics Collections. Aunque está un poco anticuada, proporciona la única lista completa de anfibios. Ver el suplemento publicado en 1993 (Duellman, W. E. *Amphibian Species of the World: Additions and Corrections*. Lawrence, Kan.: University of Kansas, Museum of Natural History Special Publication.)

King, W. F. y R. L. Burke. 1989. *Crocodilian, Tuatara, and Turtle Species of the World*. Association of Systematics Collections. Es completa para los taxa que se incluyen.

Schwartz, A. y R. W. Henderson. 1988. *West Indian Amphibians and Reptiles: A Check-list*. Milwaukee Pub. Mus., Contrib. Biol. Geol. No. 74:1-264. Muy útil para el área de las Indias Occidentales.

Sibley, C. G. y B. L. Monroe, Jr. 1990. *Distribution and Taxonomy of the Birds of the World*. New Haven, Conn.: Yale University Press. Es el estándar más reciente y ampliamente aceptado que cubre las aves de América del Sur.

Wilson, D. E y D. M. Reeder (eds). 1993. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 2a ed. Washington, D.C.: Smithsonian Institution. Una excelente referencia; ahora accesible a través del Internet en: http://nmnhgoph.si.edu/gopher-menus/ MammalSpeciesoftheWorld.html.

Fuentes de información para técnicas de estudio

GENERAL

Bookhout, T. A., ed. 1994. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bethesda, Md.: The Wildlife Society.

Buckland. S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham y J. L. Laake, eds. 1993. *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. London: Chapman & Hall.

Davis, D. E., ed. 1982. *CRC Handbook of Census Methods for Terrestrial Vertebrates*. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

Gilbertson, D., M. Kent, y F. Pyatt. 1985. *Practical Ecology for Geography and Biology, Survey, Mapping and Data Analysis*. London: Unwin Hyman.

Southwood, T. R. E. 1988. *Ecological Methods, with Particular Reference to the Study of Insect Populations*. 2a. ed. London: Chapman & Hall.

Yahner, R. H., G. L. Storm, G. S. Keller, W. Ronald y J. Rohrbaugh, editores. 1994. *Inventorying and Monitoring Protocols of Vertebrates in National Park Areas of the Eastern United States: The Bibliographic Report*. Philadelphia, Penn.: National Park Service.

AVES

Greenlaw, J. y J. Swineboard 1967. A method for constructing and erecting aerial-nets in a forest. Bird-Banding 38:114-119.

Hanowski, J., G. Niemi y J. Blake. 1990. Statistical perspectives and experimental design when counting birds on line transects. *Condor* 92:326-335.

Heimerdinger, M. y R. Leberman. 1966. The comparative efficiency of 30 and 36mm mesh mist nets. *Bird-Banding* 37:280-285.

Karr, J. 1979. On the use of mist nets in the study of bird communities. *Inland Bird Banding* 51:1-10.

Ralph, C. y J. Scott, eds. 1981. *Estimating NumbersoOf Terrestrial Birds*. Lawrence, Kan.: Allen Press.

Whitaker, A. 1972. An improved mist net rig for use in forests. *Bird-Banding* 43:108.

MAMIFEROS

Thomas, D. W. y S. D. West. 1989. *Sampling Methods for Bats*. Portland, Ore.: Pacific Northwest Research Station.

Tuttle, M. D. 1974. An improved trap for bats. *Journal of Mammalogy* 55(2):475-477.

Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster. 1996. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Washington, D.C.: Smithsonian Institute Press.

HERPETOFAUNA

Campbell, H., S. Christman. 1982. Field techniques for herpetofaunal community analysis. En *Herpetological Communities*, editado por J. Scott. Washington, D.C.: US Fish and Wildlife Service.

Corn, P. y R. Bury. 1990. *Sampling Methods for Terrestrial Amphibians and Reptiles*. Washington, D.C.: US Fish and Wildlife Service.

Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L-A. C. Hayek y M. S. Foster, eds. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

PECES

Beamish, R. 1972. *Design of a Trapnet for Sampling Shallow Water Habitats*. Fisheries Research Board of Canada. Report no. 305. Ottawa, Canada.

Potts, G. y P. Reay. 1987. Fish. En *Biological Surveys of Estuaries ond Coasts*, editado por J. Baker y W. Wolff. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press.

Schreck C. y P. Moyle. 1990. *Methods for Fish Biology*. Bethesda, Md.: American Fisheries Society.

INVERTEBRADOS

Disney, R. 1986. Assessments using invertebrates: Posing the problem. En *Wildlife Conservation Evaluation*, editado por M. Usher. London: Chapman & Hall.

Southwood, T. R. E. 1988. *Ecological Methods, with Particular Reference to the Study of Insect Populations*. 2a. London: Chapman & Hall.

Referencias sobre investigaciones zoológicas

Erhardt, A. y J. Thomas. 1991. Lepidoptera as indicators of change in the semi-natural grasslands of lowland and upland Europe. En *The Conservation of Insects and Their Habitats*, editado por N. Collins y Thomas. London: Academic Press.

Murphy, D. y B. Wilcox. 1986. Butterfly diversity in natural habitat fragments: A test of the validity of vertebrate-based management. En *Wildlife 2000: Modelling Habitat Relationships of Terrestrial Vertebrates*, editado por J. Verner, M. Morrison y C. Ralph. Madison, Wisc.: University of Wisconsin Press.

Zimmerman, B. 1991. *Distribution and Abundance of Frogs in a Central Amazonian Forest*. Tallahassee, Fla.: Florida State University.

Referencias sobre listas de especies globalmente amenazadas y en peligro

BREEDING BIRD SURVEY (Inventario de aves en zonas de apareamiento)

Bystrak, D. 1981. The North American Breeding Bird Survey. En *Estimating Numbers of Terrestrial Birds*, editado por C. J. Ralph and J. M. Scott. Studies in Avian Biology No. 6. Lawrence, Kan.: Cooper Ornithological society.

Peterjohn, B. G. 1994. The North American Breeding Bird Survey. *Birding* 26:386-398.

Robbins, C. S., S. Droege y J. R. Sauer. 1989. Monitoring bird populations with Breeding Bird Survey and atlas data. *Annales Zoologici Fennici* 26:297-304.

Un sitio Internet muy informativo que brinda acceso a información y metodología de inventario se encuentra en: http://ww.mbr.nbs.gov/bbs/bbs.html.

CITES

Muchos países tiene oficinas de CITES que mantienen listas actualizadas. Una lista que puede descargarse y en la que se pueden realizar búsquedas de información está disponible en el Internet en:
http://www.ec.gc.ca/cws-scf/cites/intro_e.html.

IUCN

UICN. 1996. UICN Lista roja de fauna amenazada. Unión Mundial para la Naturaleza.
La lista UICN puede usarse en el Internet en: http://www.wcmc.org.uk .

THE NATURE CONSERVANCY Y LOS PROGRAMAS DE PATRIMONIO NATURAL

Actualmente la información sobre rangos globales no está disponible en forma de publicación, pero se puede tener acceso a una base de datos buscable para las especies de los Estados Unidos y Canadá en el sitio Internet: http://www.natureserve.org. Para información sobre especies de América Latina y el Caribe, vea http://www.natureserve.org/infonatura.

COMPAÑEROS EN VUELO

Este es un grupo de representantes de varias instituciones del gobierno y privadas no lucrativas. Se puede tener acceso a ellos mediante su sitio en el Internet en: http:// www.pwrc.nbs.gov/pif/.

ACTA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA LAS ESPECIES EN PELIGRO

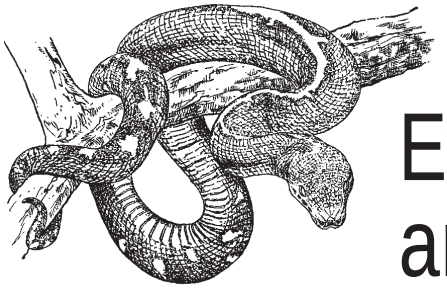
Las especies listadas bajo esta Acta (*U.S. Endangered Species Act*) pueden encontrarse en el sitio Internet del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos en: http://www.fws.gov. El usuario puede usar la base de datos ahí mismo o puede descargar las listas a un archivo.

Proveedores de materiales

Estos proveedores se listan como un servicio a los lectores de este manual. El acto de listar a un proveedor no constituye apoyo promocional por parte de los editores o de The Nature Conservancy.

- *Amazon Books*. http://www.amazon.com. Vende una amplia variedad de libros, abarcando veinticuatro áreas temáticas, disponible sólo a través del Internet. En la base de datos de la compañía se puede buscar por autor, título, tema o palabra clave.
- *Avinet, Inc*. Tel. 888-284-6387; para llamadas fuera de los Estados Unidos: Tel. 607-844-3277 y fax 607-8443915. http://www.avinet.com. Distribuye material de campo, incluyendo redes de niebla, escalas de precisión tipo resorte, herramientas para colocar bandas y bandas de pata. Es posible que se requieran permisos. Pueden hacerse pedidos internacionales mediante el Internet.
- *Ben Meadows Company*. P.O. Box 80549, Atlanta, GA, 30366, USA. Tel 800-241-6401, fax 800-628-2068. http://www.benmeadows.com. Ofrece una amplia variedad de material forestal. Pueden hacerse pedidos internacionales mediante el Internet.
- *BioQuip Products*. 17803 LaSalle Avenue, Gardena, California 90248-3602, USA. Tel 310-324-0620, Fax 310-324-7931. http://www.bioquip.com. Proveedor de material entomológico.
- *Campmor*. Tel 888-226-7667; para llamadas fuera de los Estados Unidos: Tel. 201-825-8300; http://www.campmor.com. Distribuye equipo para acampar y otros materiales para actividades al aire libre. Pueden hacerse pedidos internacionales mediante el Internet.
- *Forestry Suppliers, Inc*. Dirección postal: P. O. Box 8397, Jackson, MS 39284-8397, USA. Tel. 800-647-5368; para llamadas fuera de los Estados Unidos: Tel. 601-354-3565. http://www.forestry-suppliers.com. Provee productos para trabajo forestal, ciencias ambientales, ciencias biológicas y para inventarios e ingeniería. Pueden ordenarse catálogos a través del Internet.
- *Manomet Center for Conservation Sciences*. Tel. 508-224-6521. Proveedor de redes de niebla.
- *Patricia Ledlie Bookseller, Inc*. One Bean Rd., PO Box 90, Buckfield, Maine 04220, USA. Tel/Fax 207-336-2778. http://www.ledlie.com. Distribuye una variedad de libros, incluyendo guías de campo, listados y estándares taxonómicos.
- *REI*. Tel. 800-426-4840; para llamadas fuera de los Estados Unidos: Tel. 253-891-2500. http://www.rei.com. Distribuye equipo para acampar y otros materiales para actividades al aire libre. Pueden hacerse pedidos internacionales mediante el Internet.

Capítulo 7



Evaluación de amenazas

Ellen Roca

La mayoría de las EER incluyen una evaluación de las amenazas existentes y potenciales a las especies y a los tipos de vegetación dentro del área de estudio y en áreas colindantes. La evaluación de amenazas se basa principalmente en las observaciones registradas durante los estudios de campo y usualmente se realiza durante el trabajo de campo o justamente después de terminarlo. El entendimiento de las amenazas existentes, los elementos que sufren el impacto y la intensidad y distribución de tales amenazas en la región ayudará a asignar los recursos para las acciones de conservación que tienen como objetivo eliminar las amenazas. La información proveniente de la evaluación de amenazas pude ser útil también para desarrollar estrategias de conservación, límites de reservas y manejo de requerimientos, así como para evaluar la viabilidad de protección. La evaluación de amenazas es otra parte esencial de un método generalizado para planificar la conservación de una zona (figura 5).

A escala de las áreas de estudio, las amenazas son actividades actuales o potenciales de origen humano o natural que interfieren ya sea con el mantenimiento de los procesos ecológicos, con las especies de un área o con el manejo y administración de dicha área (Machlis y Tichnell, 1985). Una evaluación de amenazas es la identificación, evaluación y jerarquización de presiones y fuentes de presiones para las especies, comunidades o ecosistemas en un área de conservación (Fawver y Sutter, 1996). Esta evaluación comprende amenazas que alteran procesos (ej., supresión de incendios, eliminación de herbívoros nativos o alteración de regímenes hidrológicos) y afectan a especies y comunidades ya sea directamente (ej., caza o pastoreo de ganado) o indirectamente (ej., crecimiento de la población humana).

Los métodos para caracterizar las presiones durante evaluaciones de impacto ambiental (Westman, 1985), el análisis de decisiones (Maguire, 1986) y la evaluación de riesgo ecológico (EPA, 1992) tienen aplicaciones específicas y no abarcan el rango completo de presiones naturales y antropogénicas que es necesario considerar para la planificación de la conservación. En este capítulo describimos la evaluación de amenazas en una EER, la cual representa un modelo modificado y simplificado a partir de la robusta metodología para evaluar amenazas utilizada por The Nature Conservancy (Fawver y Sutter, 1996) y su red global de socios conservacionistas. De este trabajo extraemos definiciones, ejemplos y métodos para la caracterización de amenazas. Comenzaremos con la caracterización de presiones y fuentes de presiones. Luego, describiremos el proceso de evaluación de amenazas de la EER y presentaremos una matriz simple para entender las amenazas en las áreas de estudio. Finalizaremos con una discusión de las estrategias para reducir amenazas.

Presiones y su origen

Una presión es un proceso o evento que tiene (o puede tener potencialmente) impactos ecológicos o fisiológicos perjudiciales directos en las especies, comunidades o ecosistemas. Una fuente de presión es la acción o entidad de la cual se deriva la presión (Mohan, 1994). La fragmentación de un hábitat, la sedimentación, contaminación, pérdida de hábitats y reducción de las poblaciones de especies, son ejemplos de presiones. Las fuentes de presión incluyen a la agricultura, pastoreo no restringido del ganado y construcción de carreteras. Es importante diferenciar la presión de la fuente, porque la acción de conservación se dirige a la fuente. Por ejemplo, en un área protegida, la fragmentación del hábitat puede causar presión para una especie de ave en peligro (objeto de conservación), mientras que la fuente de dicha presión puede ser la agricultura de corte y quema efectuada por la creciente comunidad humana. Las acciones de conservación podrían, por lo tanto, enfocarse al mejoramiento de la protección mediante el aumento en la vigilancia, colocación de cercas, educación ambiental a las comunidades y búsqueda de alternativas al cultivo mediante corte y quema. Un ejemplo de fuentes y presiones, así como sus interrelaciones, se presenta en la figura 7-1. La figura 7-2 presenta una jerarquía de fuentes y presiones.

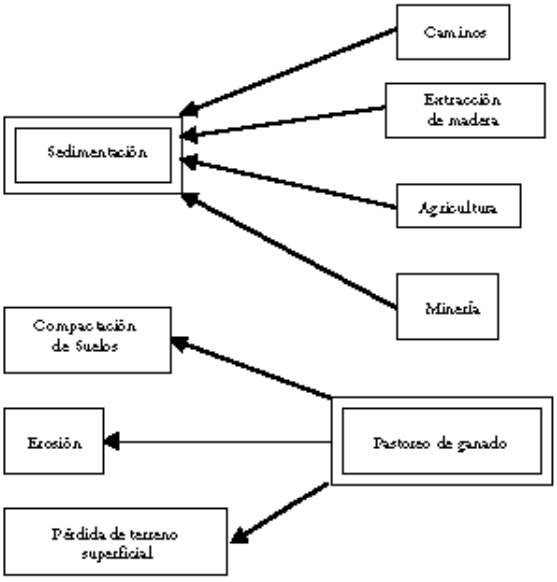


Figura 7-1. Fuentes y presiones y su relación. Una sola presión puede tener múltiples fuentes y una sola fuente puede ocasionar múltiples presiones.

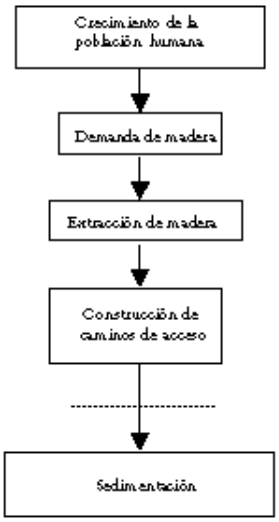


Figura 7-2. Jerarquías de la relación fuente-presión. Una presión se origina en una fuente cercana, pero con frecuencia se deriva de varias fuentes relacionadas organizadas jerárquicamente como parte de una fuente final.

Métodos para evaluar amenazas

Existen una variedad de métodos distintos para caracterizar las amenazas. El más simple y común consiste en una descripción escrita de las amenazas conocidas en las áreas de estudio. Aunque este método identifica las amenazas, generalmente no las caracteriza adecuadamente para fines de planificación de la conservación. Los métodos que utilizan matrices son comunes y pueden ser cualitativos o semicuantitativos. En un método de matriz las presiones se caracterizan ya sea por su fuente o por su impacto en los objetos de conservación o en los sistemas. La evaluación de amenazas puede también comprender la visualización de diagramas, el desarrollo de modelos ecológicos o la representación en mapas de dichas amenazas. Algunas evaluaciones de amenazas incorporan análisis de grupos interesados y producen diagramas de situaciones, los cuales muestran la relación entre los componentes humano y ecológico en el área. Algunos de estos últimos métodos requieren de investigaciones sociológicas sofisticadas y por lo general no forman parte de la evaluación de amenazas en una EER.

La evaluación de amenazas en la EER

La evaluación de amenazas durante la EER utiliza una simple matriz cualitativa para caracterizar las presiones en los tipos de vegetación y objetos de conservación. En la tabla 7-1 se presenta un ejemplo de planilla para una matriz típica de evaluación de amenazas. Los objetos de conservación y los tipos de vegetación representan las columnas de la matriz y las presiones se registran en las hileras horizontales. Los valores de las celdillas, que son determinados por el individuo o equipo que ejecuta la evaluación de amenazas, contienen rangos de presión, cuyos valores pueden ser muy altos (la presión causa un impacto significativo en el objeto de conservación),

	Objetos de conservación (Tipos de vegetación y especies)									
Presiones	Tipo de Vegetación 1	Tipo de Vegetación 2	Tipo de Vegetación 3	Tipo de Vegetación 4	Tipo de Vegetación 5	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4	Especie 5
Presión 1										
Presión 2										
Presión 3										
Presión 4										
Presión 5										
Presión 6										
Presión 7										
Presión 8										
Presión 9										
Presión 10										

Niveles de presión	Criterios
Muy Alto	Severidad
Alto	Alcance
Medio (= alto amenaza futura)	Reversibilidad
Bajo	Inminencia
	Probabilidad

Tabla 7-1. La matriz de amenazas de la EER. Se registran las presiones individuales y su intensidad en los tipos de vegetación y las especies

	Sistemas							
Presiones	Bosque latifolio alto	Bosque latifolio de altura media	Bosque latifolio inundable	Manglar mixto	Manglar costero	Arbustal costero enano	Marisma	Arrecifes de coral/lecho de pastos marinos
Especies exóticas	M	MA	B	B	B	MA	B	B
Cacería ilegal	M	A	M	M	A	M	M	-
Extracción de especies para venta o consumo	B	B	MA	M	A	M	A	MA
Destrucción del hábitat	M	A	M	M	M	MA	M	MA
Acumulación de desperdicios sólidos	B	M	B	A	MA	MA	M	-
Turismo	B	M	B	A	MA	B	B	MA
Contaminantes	B	A	B	M	A	A	M	MA

Tabla 7-2: Un análisis de la matriz de amenazas proveniente de una EER en el Parque Nacional del Este, República Dominicana (modificado de The Nature Conservancy, 1997). Los niveles de presión son: bajo (B), medio (M), alto (A) o muy alto (MA) y se determinan con base en la severidad, alcance, inminencia y reversibilidad de las amenazas a los objetos de conservación (tipos de vegetación) identificadas. Los resultados indican que el arbustal enano costero y los sistemas de arrecife de coral y lecho de pastos marinos están altamente impactados por múltiples amenazas.

altos, medios o bajos (la presión no está causando un impacto significativo en el objeto de conservación). Los criterios para jerarquizar las presiones deben tomar en consideración la severidad (impacto potencial), alcance (escala geográfica del impacto a través de la zona), celeridad (actual o potencial), probabilidad de que ocurra y reversibilidad (potencial de restauración) de la presión. A veces se asignan valores para las jerarquías anteriores con el fin de permitir una evaluación semicuantitativa de los impactos acumulativos de amenazas o de la amenaza acumulativa a un tipo de vegetación o especie singular.

En la tabla 7-2 se presenta un ejemplo de una matriz de amenazas completa realizada durante la EER del Parque Nacional del Este en la República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997). Esta matriz se completó únicamente para los tipos de vegetación y no incluye una evaluación de amenazas para ninguno de los objetos de conservación a nivel de especie. La evaluación de amenazas se condujo durante un taller efectuado poco después de finalizar el trabajo de campo. A ese taller asistieron todos los científicos, cartógrafos y administradores de la EER.

Diagrama de amenazas

Además de caracterizar las presiones mediante una matriz, puede prepararse un diagrama de amenazas para cada especie o tipo de vegetación. Dicho diagrama es una representación visual de la manera compleja en que múltiples presiones y sus fuentes influencian a elementos singulares de la biodiversidad. Ayuda a expresar la magnitud y complejidad de los métodos para mitigar las amenazas que pueden ser necesarios para reducir el peligro

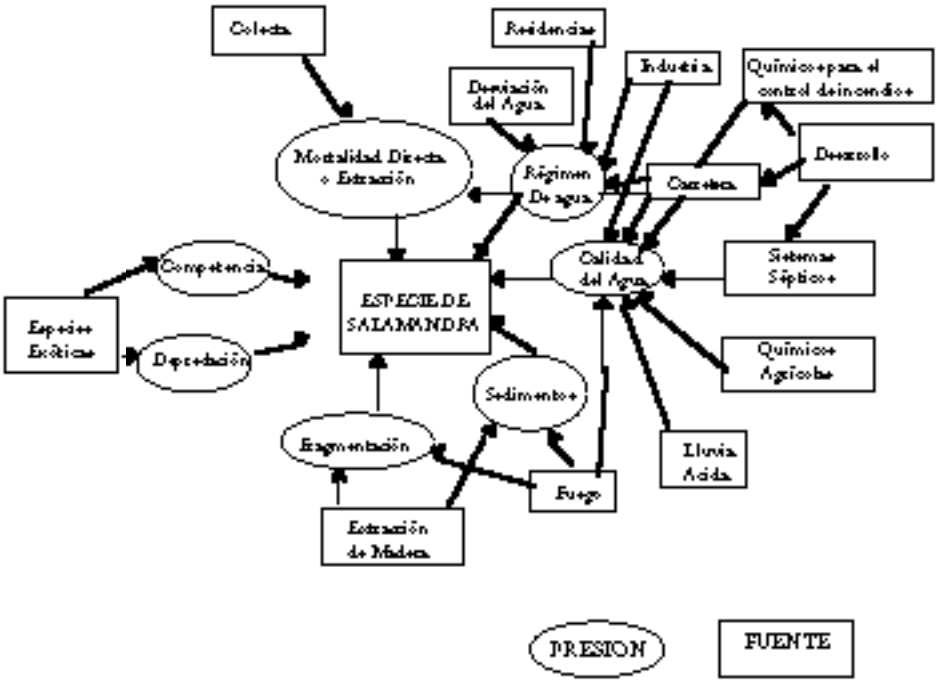


Figura 7-3. Un diagrama de amenazas ilustrando las presiones que afectan a una especie de salamandra y las fuentes de tales presiones.

que enfrentan los objetos de conservación y sus contextos ecológicos. Un diagrama puede servir como un esquema preliminar para el desarrollo de modelos ecológicos no cuantitativos. La figura 7-3 representa un diagrama de amenazas para una especie de salamandra que es un objeto de conservación.

Estrategias para reducir las amenazas

Las principales amenazas identificadas por la evaluación de amenazas deben convertirse en el enfoque de las estrategias de conservación. Tales estrategias deben proponerse y detallarse durante el desarrollo de recomendaciones de manejo. Cuando se completa la matriz, deben completarse los resúmenes que describen cuáles son los objetos de conservación más afectados y las presiones más severas. Las especies y comunidades identificadas como más altamente amenazadas durante la evaluación de amenazas son los candidatos lógicos para mayor protección. Los esfuerzos para vencer las amenazas deben dirigirse a las presiones dañinas de amplia distribución. Esto involucrará necesariamente la determinación subsiguiente de las fuentes importantes de tales presiones, ya que las actividades deben dirigirse a la fuente de las amenazas.

Los resultados de la evaluación de amenazas se utilizan en el paso de integración de la información durante el proceso de la EER. Dicho paso se describe en el capítulo siguiente. Las matrices de evaluación de amenazas deben incluirse en el informe final de la EER (ver capítulo 9).

Referencias bibliográficas

EPA (Environmental Protection Agency). 1992. *Framework for Ecological Risk Assessment*. EPA/630/R-92/001. Washington, D.C.: EPA.

Fawver, R., y R. Sutter. 1996. Threat Assessment. Capítulo 9 en *Site Conservation Planning Manual*. Documento técnico inédito. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Machlis, G. E. y D. L Tichnell. 1985. *The State of World's Parks: An International Assessment for Resource Management, Policy and Research*. Boulder, Colo.: Westview Press.

Maguire, L. A. 1986. Using decision analysis to manage endangered species populations. *Journal of Environmental Management 22:345-360*.

Mohan, J. 1994. *An Autecological Site Design Model for Nature Reserves*. Tesis de maestría, School of the Environment, Duke University, Durham, NC.

The Nature Conservancy. 1997. *Evaluación Ecológica Integral: Parque Nacional del Este, República Dominicana. Tomo 1: Recursos terrestres*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Westman, W. E. 1985. *Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning*. New York: John Wiley and Sons.

Parte IV

Manejo e integración de la información y elaboración del informe

CAPÍTULO 8

Manejo e integración de la información

Ellen Roca

Las EER generan cantidades sustanciales de información en una variedad de formatos. Esta información necesita administrarse, analizarse e integrarse con el fin de presentar resultados y elaborar recomendaciones de manejo para la conservación. Este capítulo describe las herramientas para el manejo de la información y el método de integración de la misma que forma parte central de una EER.

En este capítulo comenzaremos por describir la dimensión de escalas múltiples propia de los datos de la EER y proseguiremos con una discusión de sistemas de manejo de bases de datos (SMBD) y estructuras de las bases de datos. Luego, describiremos la dimensión de integración de la información de las EER y consideraremos métodos para combinar y extraer información relevante para avanzar la conservación en el área de estudio.

Consideración de las escalas en el manejo de datos

El método EER de filtro-grueso/filtro-fino genera diferentes tipos de datos en múltiples escalas, las cuales deben manejarse de manera integral. Los datos de una EER usualmente se organizan por tema y escala y gran parte de esta información tiene jerarquías espaciales (ej., datos de puntos o parcelas, organizados por tipos únicos de polígonos y localizados en distintas regiones de muestreo). Una regla general para el manejo de datos de una EER es rastrear información al nivel de mayor resolución y menos agregación, ya que es posible agregar la información pero es raramente posible desagregarla en unidades más pequeñas.

La complejidad de la organización de datos depende de la meta de la EER. Por ejemplo, si la meta es sólo elaborar mapas de las comunidades vegetales, entonces el método de manejo de datos implicará mantener los polígonos como la unidad básica para análisis, una aplicación SIG de manejo de datos simple. Si la meta de la EER incluye también hacer estimaciones de diversidad, el manejo de datos incluirá también la manipulación significativa de datos de puntos/parcelas/transectos.

Formularios para datos de campo

Deben siempre utilizarse hojas de datos estandarizadas y bien diseñadas para la recolección de datos de campo con el fin de mantener consistencia en la calidad de los datos reunidos durante los estudios de campo. En el apéndice 2 se presentan ejemplos de formularios de campo que incluyen hojas de datos para caracterizar la vegetación, la flora y la fauna en localidades de muestreo (puntos) y parcelas, así como en sitios no determinados. Estos ejemplos de formularios de campo están organizados de la siguiente manera:

Formulario 1: Descripción de la región de muestreo
Formulario 2: Localidad de muestreo - Comunidad vegetal
Formulario 3: Localidad de muestreo - Inventario de plantas
Formulario 4: Localidad de muestreo - Inventario de animales
Formulario 5: Muestreo de parcelas
Formulario 6: Observaciones casuales - Plantas
Formulario 7: Observaciones casuales - Animales
Formulario 8: Plantas especiales observadas
Formulario 9: Animales especiales observados

Transcripción de información de los formularios de campo

La transcripción de la información de los formularios de campo a un archivo electrónico es necesaria para el análisis de datos. Es esencial tener una estrategia de manejo adecuada para la captura y manipulación de esta información y tal estrategia debe comprender un paso de control de calidad. Esta función de control de calidad usualmente es efectuada por una segunda persona, quien examina un subconjunto de los registros capturados para revisar su exactitud, pero este paso puede ser también una revisión tan rigurosa como lo es una revisión independiente completa de toda la información capturada o tan sofisticada como lo son las técnicas de doble captura (discutidas en el capítulo 6).

La organización y manejo de los formularios impresos es tan importante como la de archivos y registros electrónicos, ya que estos documentos siempre constituirán la fuente primaria de información procedente del campo. Para que estos formularios puedan servir como referencia deben archivarse de una manera lógica y organizada que guarde relación directa con la base de datos computarizada.

Sistemas de manejo de bases de datos

El manejo de los datos de la EER en un sistema de manejo de bases de datos (SMBD) facilita el análisis de datos, la integración y la presentación. Una base de datos es una colección organizada y ordenada de elementos informativos diseñados para alcanzar un propósito específico. Un SMBD se utiliza para mantener y buscar datos en un ambiente computacional. La elección de un SMBD para usarse en una EER y la planeación de su estructura merecen ser considerados cuidadosamente por los administradores de la información. En general, el manejo de datos para la mayoría de las EER se realiza mediante el SIG, ya que éste cuenta con un SMBD poderoso. Los aspectos relacionados con el SMBD del SIG ya se discutieron en el capítulo 3. Si se determina que es necesario un SMBD adicional al del SIG, éste debe tener los siguientes atributos:

- *Formateo simple y lógico*. La captura de datos y la estructura de los campos debe facilitar la entrada de datos fácil y rápida.
- *Capacidad analítica.* Generalmente la meta de una EER es proporcionar datos básicos a nivel rudimentario, por lo tanto lo más probable es que no se requieran análisis estadísticos complejos para el SMBD, pero será necesario realizar búsquedas y cálculos sencillos.
- *Elaboración de informes.* El análisis y la presentación de resultados de la EER pueden requerir el informe de especies organizadas por tipo de vegetación y por estado de conservación, así como por

otras características particulares de las especies. Por consiguiente, se recomienda que la elaboración de informes tenga opciones flexibles, de uso sencillo y adaptables.

- *Elaboración de gráficas*. Dependiendo de los objetivos de la EER, puede ser necesario o deseable contar con funcionalidad gráfica.
- *Capacidad de relacionar*. Los datos de temas y escalas múltiples pueden requerir de una tabla de relaciones y encadenamiento de campos clave.
- *Tipos de datos*. Será necesario manejar y sortear números, texto, fechas, porcentajes y posiblemente otros tipos de datos.

El primer paso en la planificación de una base de datos para la EER es determinar qué se hará con dichos datos. ¿Qué preguntas deben contestarse y cómo se manipularán y analizarán los datos para arribar a las respuestas? El paso siguiente es decidir qué datos se requerirán e introducirán en la base de datos. El método más simple consiste en hacer una lista de las entidades que deben incluirse y los tipos de datos que se incorporarán.

Los conjuntos de datos de la EER se complementan unos a otros y es necesario integrar los conjuntos de datos de las distintas disciplinas científicas (ej., vegetación, fauna o socioeconómica) para interpretar los resultados de la EER y formular recomendaciones de manejo. Por lo tanto, se recomienda utilizar un solo SMBD para mantener todos los conjuntos de datos y que estos conjuntos estén interrelacionados. Por ejemplo, es difícil integrar información sobre flora, aves y mamíferos si tal información se maneja en tres SMBD diferentes.

Estructura de la base de datos

El tipo de información que se obtiene y la manera en la cual dicha información debe analizarse dicta la estructura de la base de datos de la EER. La estructura final del SMBD utilizado, ya sea SIG o de otro tipo, deberá contener lo siguiente:

- *Archivo*. Una colección de información, tal como un archivo de base de datos y de comandos, almacenado como una unidad identificable.
- *Registro*. Una unidad integral de entidades de datos. En algunas bases de datos un registro es aquella información contenida en una línea de una tabla rectangular de líneas y columnas.
- *Campo*. Un campo contiene una entidad de información.
- *Valor*. El dato en sí que se obtiene y almacena para su recuperación y análisis futuros.

Cada elemento para el cual se reúne información en una EER (ej., planta individual o comunidad vegetal) tendrá su propio conjunto de registros. Ya que estos elementos se encuentran en diferentes escalas espaciales y representaciones (es decir, puntos, líneas o polígonos) un SIG es usualmente la manera más completa de mantener información de una EER. Esta sofisticación en la representación de rasgos, junto con la habilidad intrínseca de un SIG para integrar espacialmente y representar visualmente la información de la EER, hace que el SIG sea un candidato excelente para ejecutar la función maestra del SMBD. En la práctica, el SMBD maestro de la mayoría de las EER es casi siempre un SIG. Métodos de manejo adicionales (ej., bases de datos relacionales y hojas tabulares) son consideradas cuando la base de datos maestra del SIG no puede satisfacer todos los objetivos de manejo de información de una EER.

Integración de la información

Una de las ventajas principales de la EER proviene de la integración de diferentes tipos y escalas de información con el fin de generar recomendaciones finales para la conservación. En el paso de integración toda la información y datos disponibles se reúnen, combinan y sintetizan frecuentemente mediante el uso de herramientas analíticas tales como mapas, tablas, gráficas y esquemas. Esta síntesis permite una mejor compresión de las relaciones espaciales entre los elementos de biodiversidad evaluados y ayuda a identificar las prioridades de mane-

jo y conservación. Los resultados de cada evaluación individual (ej., aves, vegetación, plantas, mamíferos y amenazas) con frecuencia pueden combinarse efectivamente mediante el SIG para generar mapas que caracterizan la distribución de unidades de vegetación, objetos de conservación, áreas importantes de alta diversidad y amenazas. Por lo tanto, esta capacidad de integración espacial es una herramienta excelente para la planificación de la conservación. Además de integrar los conjuntos de datos, los informes por cada disciplina, con sus análisis de amenazas, conclusiones y recomendaciones individuales, deben integrarse en un documento final consistente. Por consiguiente, en cierto nivel la integración de información se refiere simplemente a la recopilación, combinación y superposición de toda la información relevante de la EER, lo cual usualmente se efectúa de una forma espacialmente explícita usando un SIG.

Otro método para integrar la información EER consiste en formular preguntas de importancia para la planificación de la conservación. Las respuestas a estas preguntas se utilizan después para desarrollar recomendaciones de manejo.

El taller de integración

El mejor foro para integrar la información de cada una de las disciplinas, para hacer preguntas sobre el manejo y para desarrollar recomendaciones es un taller atendido por los científicos principales, administradores y personal del área protegida. Cada equipo de especialistas debe presentar sus resultados al resto del grupo y las discusiones deben enfocarse en las prioridades y requerimientos de manejo. Usualmente, pero no forzosamente, la persona que escribe el informe final de la EER es quien dirige este taller; es muy importante tener una fuerte habilidad para moderar discusiones. El taller de integración usualmente se conduce justo después de terminar el trabajo de campo.

Recopilación de los conjuntos de datos

El paso de integración comienza con la recopilación de los diferentes conjuntos de datos e informes de los equipos derivados de la EER (fuentes primarias de información), así como otras fuentes secundarias de información. Las fuentes de información secundaria pueden incluir mapas regionales y ecorregionales (Dinerstein et al., 1995), mapas temáticos a escalas nacional y de zona (Holdridge, 1967), mapas topográficos base, guías de campo y listas existentes de flora y fauna. Las fuentes de información primaria derivadas de la EER pueden incluir: imágenes de satélite, mapas temáticos de la zona (incluyendo los de geología, altitud, caminos y ríos), informes de los especialistas, mapas de vegetación, localidades de muestreo superpuestas en la vegetación, fotografías panorámicas y detalladas del trabajo de campo y reconocimiento aéreo, tablas sinópticas de la vegetación clasificada, descripciones de la vegetación, mapas y matrices del análisis de amenazas y datos sobre el uso de recursos u otra información sociológica de encuestas.

Toda la información espacial debe existir en el SIG maestro (capítulo 4). Es posible que el SIG tenga la capacidad de interacción de tiempo real que permita hacer búsquedas y análisis de capas temáticas durante el taller de integración; se recomienda mucho adquirir esta capacidad. Por lo menos y ya sea que exista o no un SIG interactivo, deben desplegarse todos los mapas en papel de una forma secuencial útil. Antes del taller el equipo cartográfico debe preparar estos mapas eligiendo una escala que permita al grupo de integración hacer comparaciones de carácter espacial con facilidad.

Métodos analíticos

La información puede integrarse mediante varios métodos analíticos (ej., búsquedas de carácter espacial, comparaciones tabulares y diagramas de amenazas), pero tanto el método como el producto deseado de estos análisis debe siempre determinarse según los objetivos de la EER. En el SIG pueden mezclarse varias capas de datos para poderse examinar dentro de un marco espacial consistente, proporcionando una perspectiva integrada. Los datos de cierto tipo se pueden analizar en el contexto de otro tipo de datos. Por ejemplo, las especies en peligro

pueden incluirse en los mapas en combinación con las localidades de caza preferidas con el fin de identificar localidades que deben designarse como fuera de los límites de caza. La distribución de los objetos de conservación se puede ilustrar en el contexto de las unidades de vegetación que ocupan. La integración espacial de información sobre unidades de vegetación, especies, amenazas, caminos e infraestructura, cuencas hidrológicas y posiblemente otras capas, dependiendo del proyecto, produce perspectivas útiles. Los resultados ayudan a desarrollar planes de zonificación y a establecer áreas prioritarias para actividades de conservación.

Las comparaciones tabulares son otra herramienta útil para la integración. Las tablas que comparan los tipos de vegetación, área, estimaciones de la diversidad taxonómica o el número de especies observadas por grupo taxonómico principal y el número de objetos de conservación en distintas regiones de muestreo, facilitan la formulación de planes de manejo. Una tabla semejante que presente esta misma información, pero por localidad de muestreo, proporcionará aún más detalles.

Un esquema para la evaluación de la conservación

Se puede arribar a conclusiones sobre los requerimientos de manejo de una zona mediante la elaboración de preguntas enfocadas en y diseñadas para extraer la información más relevante para la planificación de la conservación. Estas conclusiones sientan las bases para la formulación de recomendaciones. El siguiente es un ejemplo de un conjunto de preguntas diseñadas para enmarcar los resultados de la EER dentro de una perspectiva de manejo:

1. *¿Cuáles son las áreas menos deterioradas de la zona?* El primer paso para responder a esta pregunta es determinar dónde se localizan los ejemplos más representativos de cada tipo de vegetación y qué áreas de la zona son las menos deterioradas. Las áreas menos deterioradas pueden ser aquéllas que tienen menos amenazas y cuya composición de especies de flora y fauna refleja un hábitat menos alterado. Las fuentes de información que pueden ayudar a responder esta pregunta incluyen el informe de fauna, las caracterizaciones de la vegetación y su mapa correspondiente, localizaciones de objetos de conservación, localizaciones de amenazas y áreas de uso de recursos.
2. *¿Existen áreas con concentraciones particularmente altas de objetos de conservación (especies y tipos de vegetación) y, de ser así, dónde se localizan?* Estas áreas pueden requerir protección estricta. Los mapas de objetos de conservación, los informes de fauna y flora y las tablas de objetos de conservación por punto de observación pueden dar respuesta a esta pregunta.
3. *¿Existen áreas de diversidad de especies particularmente alta?* Las tablas y mapas (si están disponibles) de diversidad taxonómica y/o estimaciones de diversidad por región de muestreo y por tipo de vegetación abordan esta pregunta. Las áreas que resulten en común de las preguntas 2 y 3 deben marcarse por su importancia para la biodiversidad.
4. *¿Existen localizaciones únicas de objetos de conservación o especies de distribución particularmente restringida?* Los mapas de localizaciones de los objetos de conservación o listados de los objetos de conservación por punto de observación proveen esta información. Si se cree que un objeto de conservación se encuentra en un rango de distribución pequeño, esta área puede ser candidato para una estricta protección.
5. *¿Dónde están las áreas de alta concentración de amenazas o las más fuertemente afectadas? ¿Están dichas áreas cerca de las áreas identificadas en las preguntas 2 a 4 anteriores?* Estas pueden ser áreas candidatas para programas para eliminar amenazas o actividades de restauración. Pueden también requerir programas de monitoreo en el futuro, diseñados para medir la eficacia de los programas de conservación y de la regeneración. Para responder a esta pregunta pueden consultarse fuentes de información tales como matrices de análisis de amenazas, caracterizaciones de vegetación y mapas de lo siguiente: amenazas, comunidades vegetales y localizaciones de objetos de conservación.
6. *¿Qué tipos de vegetación, procesos ecológicos (ej., inundaciones e incendios de temporada) o hábitats requieren los objetos de conservación para completar su ciclo de vida? ¿Existen amenazas específicas a estos*

hábitats o procesos? Debido a que los tipos de vegetación o hábitats se utilizan con frecuencia como unidades de planificación en la mayoría de las decisiones y prácticas de manejo, es muy importante considerar la gama de condiciones ambientales necesarias para los objetos de conservación. Las recomendaciones deben promover estrategias de protección para conservar esta variación ambiental y para aliviar el impacto de las amenazas a estas áreas. Las fuentes de información útiles para responder a esta pregunta incluyen los mapas de objetos de conservación, los mapas de amenazas y bibliografía (los resultados de la EER pueden no incluir la caracterización de preferencias de hábitat).

7. *¿Qué investigación se requiere para entender y manejar mejor los objetos de conservación, la ecología del área protegida, las amenazas y las comunidades humanas?* Las EER son muy útiles para caracterizar la identificación y localización de objetos de conservación, pero están más orientadas al inventario que a la investigación. La investigación para caracterizar la ecología de las especies y comunidades puede indicarse.
8. *¿Hay problemas con especies exóticas de carácter invasor? ¿Cuál es el impacto de estas especies en la vegetación, flora y fauna que son objetos de conservación?* Las fuentes de información para responder a estas preguntas incluyen el informe del inventario florístico, el informe sobre fauna y bibliografía sobre impactos potenciales de estas especies y prácticas de manejo.
9. *¿Qué áreas, hábitats, tipos de vegetación o comunidades vegetales son particularmente frágiles?* Estas son áreas que pueden degradarse fácilmente o ser difíciles de restaurar y, por lo tanto, pueden requerir de protección estricta. Esta información debe resaltarse en el informe sobre vegetación.

Si la zona en la que se hace el inventario es un área protegida, que es lo más común, entonces deben formularse las siguientes preguntas adicionales:

10. *¿Existe la necesidad de tener zonas de amortiguamiento alrededor del área protegida? Si es así, ¿dónde deben localizarse y qué tan lejos deben extenderse?* Para responder a esta pregunta deben analizarse espacialmente la vegetación, amenazas y asentamientos humanos que rodean el área de estudio. Si está ocurriendo un avance hacia la zona protegida o si otras actividades humanas cerca de la zona tienen un impacto negativo, será deseable establecer una zona de amortiguamiento.
11. *¿Se han declarado legalmente los límites del área protegida? ¿Están claramente marcados los límites y son identificables por las poblaciones locales?* Debe examinarse la legislación que declara el área como protegida para asegurarse de que la demarcación de los límites esté descrita claramente. Si los límites existentes no han sido declarados legalmente, tal acción puede formar parte de las recomendaciones. Los límites deben demarcarse claramente con el fin de evitar el avance humano y la extracción de recursos.
12. *¿Es la categoría de protección del área adecuada para la conservación de comunidades y especies que son objetos de conservación?* Es importante considerar el tipo y nivel de protección otorgados al área protegida, ya que algunas zonas pueden estar designadas como áreas de uso múltiple, reservas extractivas, reservas científicas o corredores biológicos. Es importante notar cómo esto influenciará los objetos de conservación y si se requiere un tipo de manejo o categoría de protección diferente.
13. *¿Los límites actuales del área protegida protegen adecuadamente los hábitats requeridos por los objetos de conservación para su persistencia?* Para contestar esta pregunta, se necesita información secundaria sobre las necesidades de hábitat y rango de distribución de los objetos de conservación y sobre los procesos ecológicos necesarios para la persistencia de tales hábitats. Un mapa de tipos de vegetación que son objetos de conservación es útil también para determinar si los hábitats se extienden más allá de los límites del área protegida y si deben extenderse estos límites para incorporar completamente los hábitats.

Estas preguntas y sus respuestas impartirán al proceso de integración un énfasis en el manejo para la conservación y las preguntas deben discutirse en el documento final de la EER. Como resultado de este proceso emergen muchas recomendaciones de manejo obvias y los resultados de la EER se transforman de información sobre un estudio científico a motivación para acciones de conservación.

Otras perspectivas de manejo

No todas las áreas serán manejadas exclusivamente para la conservación. Así, es importante también incluir en el proceso de integración información sobre otros aspectos. Reconocemos que puede haber en el área de estudio una variedad de dimensiones, aparte de la de manejo, que no se incluirán en el análisis de los datos biológicos. Estas dimensiones incluyen orientaciones de manejo tales como la generación de ingresos mediante el ecoturismo, la educación ambiental, la seguridad en las fronteras y la protección de recursos culturales e históricos. Estos otros aspectos pueden ser tan importantes para el uso y planificación futura del área como el manejo para la conservación de la diversidad biológica, por lo tanto, deben también tomarse en cuenta durante el taller de integración.

Establecimiento de áreas prioritarias

Una meta específica de muchas EER, especialmente de aquéllas implementadas a escalas regionales, es el establecimiento de un subconjunto de áreas para la conservación. Los métodos de matrices ayudan a evaluar y comparar áreas basándose en un conjunto de criterios preestablecidos. Las matrices de prioridades varían desde las simples hasta las complejas. Las matrices más elementales comparan la importancia biológica (definida mediante consideraciones de diversidad de especies, endemismo, diversidad de ecosistemas, etc.) con el estado de conservación (ej., cantidad y calidad del hábitat remanente y amenazas reales y percibidas, etc.) entre las áreas. Los métodos basados en matrices más complejas jerarquizan las áreas de acuerdo a criterios predeterminados, tales como:

- Presencia de especies y comunidades que son objetos de conservación
- Fragilidad ecológica
- Diversidad de especies
- Centros de endemismo/especies endémicas
- Diversidad genética
- Condición del hábitat (en términos del deterioro)
- Conectividad entre las áreas
- Diversidad del paisaje y del ecosistema
- Valor para la investigación
- Valor económico
- Viabilidad
- Potencial como zona de amortiguamiento
- Valor socioeconómico
- Potencial de restauración
- Localización en la cuenca hidrológica
- Valor cultural
- Valor estético

Estos criterios subsiguientemente se evalúan para cada unidad espacial adecuada, tal como cuenca hidrológica, regiones de muestreo de la EER, clases de cobertura terrestre, tipos de hábitat principales o localidades de muestreo. Este tipo de análisis de jerarquización se facilita enormemente con un SIG. Las unidades individuales de planificación que obtienen las mayores marcas de estos criterios de jerarquización usualmente se identifican como áreas prioritarias de conservación.

Elaboración de recomendaciones

Una de las etapas finales de la EER incluye la preparación de recomendaciones para la conservación, las cuales deben orientar las decisiones sobre la división de recursos. Las recomendaciones deben ser tan específicas como sea posible y deben identificar a los grupos responsables de llevar a cabo las recomendaciones. Deben dirigirse

a quienes toman las decisiones y deben emplear un lenguaje adecuado. Aunque la decisión de implementar o no las recomendaciones usualmente queda más allá del control del equipo EER, la amplia difusión de los resultados, junto con la comunicación eficaz con la entidad a cargo de la administración del área, aumentarán la probabilidad de que se adopten tales recomendaciones.

Las recomendaciones de conservación típicas usualmente abarcan lo siguiente:

- Desarrollo de la infraestructura del parque necesaria para la protección de los recursos biológicos
- Temas de investigaciones futuras
- Especies o vegetación que requieren manejo o programas de monitoreo
- Prácticas de manejo para ciertos tipos de vegetación (ej., incendios planeados)
- Control de especies exóticas
- Nuevos límites del área protegida
- Creación de corredores biológicos
- Creación de zonas de amortiguamiento
- Zonificación
- Educación ambiental
- Prácticas alternativas para el uso de recursos (para las comunidades humanas locales)
- Prácticas para mantener la productividad de la cuenca hidrológica
- Areas prioritarias para la conservación

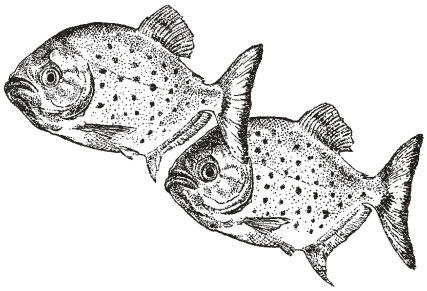
Para que estas recomendaciones sean más efectivas deben diseminarse ampliamente, de preferencia en formato impreso. El capítulo siguiente detalla el proceso para escribir y publicar los informes de la EER.

Referencias bibliográficas

Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. *A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C.: Banco Mundial.

Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.

Capítulo 9



Creación y publicación del informe de la EER

Gina Sedaghatkish

Los estudios de campo y el análisis de datos de una EER constituyen un uso eficaz de fondos para la conservación si los resultados y productos se presentan adecuadamente y se difunden a un público apropiado, especialmente a quienes pueden influenciar la conservación de la biodiversidad en el área de estudio. El documento final de la EER constituye la representación final de la EER y sirve como la herramienta principal para recalcar las recomendaciones. El documento presenta los principales descubrimientos, conclusiones y recomendaciones para su entrega diligente a los administradores y otras personas quienes toman decisiones. El informe de una EER puede tener un impacto ambiental poderoso; por lo tanto, debe publicarse con el mínimo retraso para no perder el ímpetu conservacionista que la mayoría de las EER catalizan. Aunque la redacción, publicación y difusión del documento son los pasos finales del proceso, la preparación para estos pasos debe comenzar en las etapas de planificación.

Comenzaremos por considerar la dimensión de planificación que consiste en redactar y publicar. Ahí discutiremos el público al que se dirigirá la publicación y los componentes clave del documento final de la EER. Luego consideraremos los procesos de revisión editorial y desarrollo de publicación. Concluiremos con una descripción de los temas principales a considerar cuando se publica el informe.

Cómo planear la redacción del informe

Es esencial determinar quiénes serán los autores responsables en las etapas iniciales del proceso de la EER, ya que esto mejora la eficacia durante la etapa de redacción. Cada equipo de especialistas identifica a un escritor competente que sea el responsable de desarrollar y entregar el informe correspondiente a su equipo. Se identifica a uno o dos individuos que estén completamente involucrados con el proyecto y que sean buenos escritores para redactar, editar y publicar el documento integral. Estas personas deben ofrecer lo siguiente:

- Fuerte habilidad para escribir y organizar, así como fluidez en el idioma en el cual se escribirá el documento.
- Dedicación al trabajo, porque escribir y preparar el documento para publicación generalmente requiere por lo menos ocho semanas de trabajo de tiempo completo.

- Un conocimiento completo de la metodología de la EER, de los objetivos específicos del proyecto y de las necesidades de información sobre conservación para el área de estudio y el público a quien se dirige el documento.
- Experiencia en la integración de información sobre plantas y animales con datos sobre comunidades vegetales y amenazas y conocimiento de los principios sobre biología de la conservación.
- Participación continua en la EER desde las etapas iniciales de conceptualización y planificación.
- Experiencia en preparar documentos para publicación, lo cual puede incluir habilidad en el uso de programas computacionales diseñados para tal fin.

La tabla de contenido tanto para los informes de los especialistas como para el informe integral debe también desarrollarse durante el inicio de los planes para la EER. Desarrollar una tabla preliminar de contenido al inicio ayuda a que los equipos clarifiquen su enfoque y el proceso tiende a promover el pensamiento crítico sobre la relación entre los objetivos del proyecto y los estudios de campo. Los capítulos 5 y 6 tratan sobre los tipos de resúmenes y análisis de datos que los equipos pueden producir para facilitar la redacción del documento integral. El cuadro 9-2 presenta un tabla genérica de contenido para un documento completamente integrado.

Público lector

Antes de escribir el documento final debe definirse claramente quién será el público lector. Un error potencial de cualquier documento es la ambigüedad de su público receptor. El público para una EER puede ser extenso y diverso. Generalmente el público principal es la institución a cargo de desarrollar y administrar las iniciativas

Ejemplo de una tabla de contenido: Informe de la Fauna

Cuatro secciones:
- I - Resumen Ejecutivo
- II - Ornitología
- III - Herpetología
- IV - Mastozoología

Cada sección taxonómica contiene:

A. Nombres de los recolectores de datos de campo
B. Resumen
C. Antecedentes
D. Metodología
E. Resultados
- 1. Número de especies por tipo de vegetación
- 2. Composición de la riqueza de especies
- 3. Elementos especiales y sus hábitats
- 4. Elementos especiales por tipo de vegetación
- 5. Lista de especies amenazadas de acuerdo a las siguientes referencias:
  - a. Fauna Amenazada de Paraguay
  - b. CDC
  - c. IUCN
  - d. CITES
- 6. Densidad de la abundancia

F. Mapa de localización de elementos especiales
G. Discusión
- 1. Identificación de áreas frágiles
- 2. Amenazas
- 3. Comentarios sobre distribución

H. Recomendaciones
- 1. Zonas y especies con necesidad de monitoreo (mapa incluido)
- 2. Programas de manejo
- 3. Necesidad de investigaciones futuras

I. Bibliografía
J. Apéndice
- 1. Listas de todas las especies observadas por clase de vegetación

Cuadro 9-1. Borrador de la tabla de contenido del informe sobre la fauna desarrollado durante el taller de planificación de una EER que se estaba llevando a cabo durante la redacción de este manual en la región del Chaco en Paraguay. Se pone énfasis en la adquisición y análisis de datos.

Ejemplo de una tabla de contenido para el informe final

I. Resumen Ejecutivo
II. Introducción
- A. Objetivos

III. Area de estudio
IV. Metodología
- A. Sensores remotos y elaboración de mapas
- B. Análisis de la vegetación y estudios florísticos
- C. Estudios de fauna
  - 1. Mamíferos
  - 2. Aves
  - 3. Anfibios y reptiles
  - 4. Peces
- D. Evaluación de la comunidad humana
- E. Análisis de amenazas

V. Resultados y discusión
- A. Tipos de vegetación
  - 1. Antecedentes
  - 2. Resultados
  - 3. Descripción de tipos de vegetación
  - 4. Discusión
  - 5. Tipos de vegetación especiales
- B. Plantas
  - 1. Antecedentes
  - 2. Resultados
  - 3. Discusión
  - 4. Especies en peligro
  - 5. Hábitats importantes para las especies de plantas en peligro
- C. Fauna (para cada grupo taxonómico)
  - 1. Antecedentes
  - 2. Resultados
  - 3. Discusión
  - 4. Especies en peligro
  - 5. Hábitats y tipos de vegetación importantes para las especies de fauna en peligro
- D. Comunidades humanas
  - 1. Contexto general
  - 2. Antecedentes históricos de patrones de ocupación de tierras
  - 3. Demografía
  - 4. Caracterización de las comunidades
    - a. Historia breve
    - b. Estadísticas generales
    - c. Perfil doméstico, estructura y economía del núcleo familiar
    - d. Características de la organización comunitaria, estructura para la toma de decisiones en la comunidad (instituciones políticas, económicas y sociales)
  - 5. Patrones actuales de la utilización de recursos naturales
    - a. Contexto ecológico general de la región
    - b. Uso de la tierra en el área de estudio
    - c. Tipología del uso de tierras y recursos
      - -Agricultura -Ganadería
      - -Forestal -Caza y pesca
      - -Agroforestal
  - 6. Percepciones comunitarias sobre el estado de los recursos naturales (cambios a través del tiempo)
  - 7. Participación en conservación, desarrollo sustentable y proyectos de manejo de áreas protegidas
    - a. Relación entre las comunidades y el área protegida
    - b. Iniciativas de conservación y desarrollo en las comunidades (descripciones y análisis)
- E. Análisis de amenazas

VI. Conclusiones y recomendaciones
- A. Conclusiones
- B. Recomendaciones

Cuadro 9-2. Formato general para desarrollar el índice del contenido para el informe de la EER. Se muestran ejemplos para las secciones de análisis de vegetación, florística y fauna, así como para las comunidades humanas y evaluaciones de amenazas.

de conservación y manejo de recursos dentro del área de estudio. Debe también tomarse en cuenta el público secundario, como las instituciones académicas interesadas en la investigación sobre conservación, instituciones de apoyo financiero y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que influencian la distribución de recursos y la ejecución del proyecto dentro y alrededor del área de estudio. Todos los escritores del informe de la EER tienen el reto de determinar cuál es la presentación adecuada para los datos, el estilo y lenguaje y el formato y disposición del documento con el fin de satisfacer las expectativas del público lector.

Un ejemplo de la diversidad del público al cual debe dirigirse un informe de EER lo presenta una EER de la región Tempisque de Costa Rica (Maldonado et al., 1995). Esta región de 240,000 hectáreas sostiene un mosaico de áreas naturales, tierras agrícolas y zonas de transición. Un auge en la producción agrícola aumentó marcadamente el valor económico de la región, pero también redujo agudamente su cobertura de bosques naturales y humedales. Las metas de la EER fueron documentar y mostrar los patrones de uso de la tierra pasados y presentes, la capacidad de la tierra y la distribución de las especies. Se necesitaba de los productos de la EER para avanzar la colaboración en la conservación y las iniciativas de manejo entre las partes interesadas. El informe de la EER necesitaba presentar los datos eficazmente a un extenso grupo de personas con distinto nivel de conocimientos científicos y con intereses diversos: organizaciones no gubernamentales de conservación, desarrollo y agricultura; propietarios de tierras; y agencias del gobierno.

Componentes clave del documento de la EER

El resumen ejecutivo del documento final es muy importante porque generalmente es la sección más leída y puede, de hecho, ser la única sección que leerán ciertas personas que influirán en acciones futuras en el área de estudio. Un resumen ejecutivo debe no sólo condensar cada capítulo del documento, sino también proporcionar los antecedentes del proyecto, mencionar los objetivos y recalcar los descubrimientos importantes para la conservación y el manejo. Esta sección debe dar énfasis a las recomendaciones clave del equipo. La inclusión de mapas y tablas de los objetos de conservación y tipos de vegetación en el resumen ejecutivo puede enfocar la atención a los resultados de la EER y al valor de conservación del área de estudio. Los capítulos 5, 6 y 8 detallan los resúmenes de datos y análisis que forman la mayor parte del contenido restante del documento.

El resumen ejecutivo no debe substituir al capítulo introductorio. La introducción debe señalar las metas de la EER y proveer información precedente sobre el área de estudio, incluyendo el establecimiento de poblaciones humanas e historia natural, localización, geografía y clima. Para ahorrar tiempo al proceso de redacción, puede escribirse la mayor parte de la introducción antes de que se termine el trabajo de campo.

Otro componente clave del documento final es un capítulo sobre metodología. Los equipos cartográfico y de campo caracterizarán sus métodos en sus informes individuales. El equipo cartográfico debe describir las fuentes de datos para los mapas base y las imágenes, las escalas y el software utilizados, los procedimientos de verificación de campo y otros detalles sobre la elaboración de mapas en la EER. Una descripción de los métodos de campo debe incluir el procedimiento para seleccionar las localidades de muestreo y los tipos de inventario realizados. Los informes por especialidad requieren la descripción detallada de las metodologías, mientras que el informe final debe incluir sólo una síntesis de dichas metodologías.

El capítulo de resultados debe contener mapas, tablas y texto descriptivo sobre los tipos de vegetación y las especies. Listas detalladas de especies por lo general se presentan como apéndices.

Al final del cuerpo principal del informe se presentan un capítulo con las conclusiones y recomendaciones derivadas del paso de integración de la información (capítulo 8). Este capítulo constituye el propósito y frutos posteriores de la EER y debe construirse muy bien para que tenga el máximo impacto.

Los mapas son un elemento esencial del informe final, por lo que los mapas de vegetación, amenazas, especies de importancia para la conservación y zonificación propuesta siempre deben incluirse. De hecho, se recomienda que los mapas pertinentes de tamaño reducido que se ajuste al documento aparezcan a lo largo del informe, ilustrando los resultados de los estudios de campo y los conceptos de integración. Los mapas de las regiones y localidades de muestreo son esenciales y brindan al lector una idea inmediata del nivel de esfuerzo aplicado a la investigación de campo de la EER.

Revisión editorial

Ya que el propósito final del informe de la EER es presentar información con base científica para la conservación y el manejo de recursos más eficaces, los miembros del equipo y ciertas partes interesadas deben revisar el documento antes de su publicación. Esta revisión editorial incrementa el valor del informe de la EER como herramienta para la conservación. Debe invitarse a revisar el documento a personal apropiado de la institución responsable de aplicar las recomendaciones de la EER. Sus sugerencias pueden suministrar perspectivas acerca de análisis adicionales o modificaciones necesarias. Los consultores científicos contratados para asesorar en los estudios de campo han resultado ser también buenos revisores del informe de la EER.

El documento debe editarse antes de ser enviado a su publicación. La edición es el proceso detallado de revisar la ortografía, gramática y coherencia del texto. Ya sea que el editor forme parte del equipo o se contrate aparte, éste debe tener fluidez en el idioma usado en el informe. Probablemente es mejor que el editor no esté directamente involucrado en la elaboración del informe, ya que una perspectiva fresca es útil. La edición no debe iniciarse antes de finalizar el contenido y la estructura del documento y de que todos los cambios sugeridos por los revisores se hayan incorporado.

Publicación

El documento de la EER usualmente es más accesible y eficaz si se publica, ya que esto le presta más credibilidad al trabajo y a sus autores. El tipo de publicación y número de copias impresas depende del presupuesto, metas de la EER y público lector. Estos detalles tienden a ser específicos del proyecto, pero en general, si el informe se va a emplear extensivamente para recaudar fondos o promover la creación de áreas protegidas u otras iniciativas, valdrá la pena hacer una inversión sustancial en gráficas de calidad y presentación estilizada. Puede también requerirse una inversión mayor en la publicación si el informe tiene una influencia que va más allá del área de estudio. Por ejemplo, si la EER se realizó a nivel regional o si generó muchas lecciones aprendidas o técnicas nuevas, será ventajoso publicar el informe ampliamente. Deben evaluarse los costos de publicación en relación a los beneficios que se perciben, ya que es difícil recuperar estos costos mediante la venta del informe.

En general, el documento de una EER no tendrá mucho potencial de venta como para atraer a una casa editorial que esté dispuesta a financiar la publicación y administrar su distribución. Por esta razón, usualmente la institución que en general respalda la EER cubre también los gastos de publicación y éstos deben ser incluidos en el presupuesto general del proyecto. Raramente los informes de las EER se ponen a la venta; al contrario, generalmente se distribuyen sin costo a las partes interesadas. Las tareas y costos de edición, diseño, impresión y distribución del documento son la responsabilidad de la institución a cargo de la EER. Existen muchas opciones de costo adecuado para la contratación de impresión y encuadernación y algunos puntos que deben tomarse en cuenta a este respecto se proporcionan enseguida. Existen muchos paquetes de software para publicaciones. Una persona interna al proyecto que tenga la habilidad, tiempo y entusiasmo para hacer el trabajo será un recurso valioso y debe invitársele a participar en el proceso de la EER desde el inicio.

Temas clave acerca de la publicación

Existe un número de asuntos relacionados con los contratos, derechos de autor y costos de producción del documento final que merecen atención considerable. Hay muchas referencias (en inglés) que dan orientación sobre estilo y publicación; algunas de estas referencias se listan al final de este capítulo. Recalcamos aquí algunas consideraciones importantes para la publicación:

- *¿Con quién es necesario establecer contratos?* Todas las partes involucradas en la publicación que reciben compensación deben tener contratos que detallen el contenido del producto, fechas límite, entrega de copias electrónicas y en papel y pagos. Las partes incluyen a escritores, editores, casas editoriales, impresores, diseñadores gráficos y traductores.

- *¿Qué asuntos sobre derechos de autor conciernen a este documento en particular?* Deben investigarse y solicitarse derechos de autor para el uso de fotografías, dibujos o figuras provenientes de otras fuentes. Algunas fuentes pueden cobrar una cuota por el permiso de reproducción. Cuando se trabaje con una compañía editorial, debe evitarse transferir propiedad de los derechos de autor; en su lugar, puede otorgarse una licencia de impresión y negociarse los detalles del acuerdo.
- *¿Cuánto dinero debe invertirse en el diseño e impresión de la publicación?* Para determinar el tamaño de la inversión deben considerarse los requisitos de distribución y formato del documento. El público lector del documento de la EER define las necesidades de distribución. Es arriesgado imprimir muy pocas copias, ya que el informe es una herramienta importante para la conservación que necesita estar disponible a las partes interesadas. El número de copias requeridas debe calcularse agregando un 10 por ciento por contingencia. En todo caso, debe imprimirse un mínimo de 500 copias. Los costos de reimpresión son mayores que los costos por copias adicionales la primera vez.

Las consideraciones para el formato incluyen las gráficas, tamaño, cubierta y tecnologías de impresión. El diseño gráfico e imágenes a color de la más alta calidad dan como resultado un libro atractivo, pero pueden ser demasiado costosos. Generalmente los mapas deben producirse a color. Debe elegirse un tamaño de formato que sea manejable y permita la presentación atractiva y legible de figuras, mapas y tablas. La cubierta debe ser durable. El papel y laminación de alta calidad añadirá duración al documento. Las tecnologías de impresión cambian rápidamente y los costos de impresión fluctúan ampliamente, por lo que es una buena idea buscar diferentes opciones para encontrar la solución de impresión apropiada.

- *¿Dónde se almacenarán las copias adicionales y quién las distribuirá?* La administración del proceso de distribución no es una cuestión trivial. Las peticiones de información general, copias del informe, información sobre contactos e incluso la solicitud de fondos son comunes después de la publicación de la EER y requieren de esfuerzo.
- *¿Cómo se archivará y actualizará la información digital y quién lo hará?* La versión digital del documento EER y todos los datos y archivos SIG de apoyo deben archivarse en un lugar seguro y mantenerse actualizados por la agencia responsable. Debe desarrollarse y llevarse a cabo un plan a largo plazo para almacenar y tener acceso a los datos y al informe. Si no se logra mantener este archivo digital, no podrá actualizarse la información en el futuro. Siempre que sea posible, los datos e informes de la EER deben estar disponibles al mayor público posible y colocarse en el dominio público mediante un sitio en el Internet.

Conclusión

La redacción y publicación del documento final de la EER constituye el cierre del proceso de la EER. En este punto finaliza la evaluación científica y la información científica queda disponible para apoyar el manejo del área basado en la conservación. El escenario está ahora preparado para el trabajo subsiguiente de impulso y formulación de políticas que acentúen los resultados de la EER y originen un cambio positivo para la conservación en la zona.

Referencias bibliográficas

Maldonado T., J. Bravo, G. Castro, Q. Jimenez, O. Saborio y L. Paniagua. 1995. *Evaluación Ecológica Rápida de la Región del Tempisque, Guanacaste, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Fundación Neotrópica.

Libros clave de referencia para la publicación

GUÍAS PARA EL ESTILO

Chicago Manual of Style, The. 14o. ed. 1993. Chicago: University of Chicago Press.

Lucy, B. *Handbook for Academic Authors.* 1990. Rev. ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Strunk, W., Jr. y E. B. White. 1979. *The Elements of Style.* 3a. ed. New York: Macmillan.

GUÍAS PARA LA PREPARACIÓN Y PUBLICACIÓN

Chicago Guide to Preparing Electronic Manuscripts. 1987. Chicago: University of Chicago Press.

Dessauer, J. P. 1989. *Book Publishing: A Basic Introduction.* 3a. ed. New York: Continuum.

Lee, M. 1979. *Bookmaking: The Illustrated Guide to Design, Production and Editing.* 2a. ed. New York: R. R. Bowker.

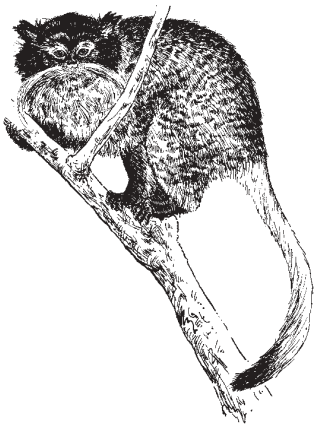
Skillin, M. E. y R. M. Gay. 1974. *Words into Type.* 3a. ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Smith, D. C. 1989. *A Guide to Book Publishing.* Rev. ed. Seattle, Wash: University of Washington Press.

Parte V

El futuro de la EER

Capítulo 10



El futuro de la EER

Roger Sayre

Se espera que la metodología de la EER continúe evolucionando a medida que aumenta la necesidad de tener mejor información sobre la diversidad biológica en escalas múltiples y a medida que los avances tecnológicos facilitan el procesamiento de información espacial. Anticipamos que en el futuro se realizará un mayor número de EER a escala ecorregional, que orientarán las iniciativas de jerarquización de zonas y planificación de redes de áreas protegidas. Las EER a nivel de zona estarán cada vez más ligadas a los procesos de manejo y las comunidades locales participarán cada vez más en las iniciativas EER. Cualquiera que sea el nivel de la EER, las imágenes de alta resolución y las tecnologías de información espacial más potentes y fáciles de usar serán de gran ayuda. En este capítulo nos enfocamos a los cambios de escala, avances tecnológicos, mapas de amenazas e iniciativas de conservación basadas en comunidades como las orientaciones más probables que seguirá la evolución futura de la EER.

Dimensiones de la escala

Aunque la mayoría de las EER a la fecha se han enfocado en la evaluación a nivel de zona, anticipamos que se realizarán cada vez más EER a escala regional. Los métodos para establecer prioridades de diversidad biológica a escalas regional, continental y global (Dinerstein et al., 1995; The Nature Conservancy, 1997; Olson y Dinerstein, 1998) son útiles para tomar decisiones difíciles sobre la distribución de recursos. Todos estos métodos requieren información básica sobre la distribución de la biodiversidad. Las EER pueden proporcionar dicha información y es probable que las EER se apliquen cada vez más a escalas ecorregionales. De hecho, el término EER podría empezar a relacionarse tanto con Evaluaciones Ecorregionales Rápidas como con Evaluaciones Ecológicas Rápidas. Mientras que la escala es un reto mayor para muchos aspectos de la conservación, la naturaleza independiente y flexible de la EER en cuanto a escalas asegurará su papel en las iniciativas futuras de planificación regional y global para la conservación.

Dimensiones de la tecnología

Los avances en la tecnología de información espacial facilitarán la adquisición, visualización, análisis y presentación de la información. A medida que se lanzan más y más satélites, los datos en forma de imágenes serán más baratos y aumentará la resolución espectral y espacial. Con la evolución de la tecnología para procesar imá-

genes será más común utilizar estas fuentes mejoradas de información. El mejoramiento de la tecnología de geolocalización y registro de datos (ej., GPS, localizadores de rango láser y equipos de perfilamiento, bitácoras de información) facilitará el trabajo de campo. Ya existe la capacidad para elaborar mapas de tiempo real en el campo y probablemente será una herramienta importante para las EER futuras.

Mapas de amenazas

La habilidad para trazar mapas de distribución de la diversidad biológica es la esencia de la EER y los métodos y herramientas disponibles para esta labor son avanzados. No obstante, la habilidad para representar la dimensión espacial de las amenazas es actualmente muy limitada. Es probable que los métodos para cartografiar amenazas evolucionen desde la representación simbólica simple de amenazas hasta una caracterización espacialmente explícita de la distribución geográfica de tales amenazas. El mejoramiento de la cartografía de amenazas incrementará el conocimiento de la relación espacial entre una amenaza y la salud de un elemento a conservar.

Conservación basada en comunidades

Las EER futuras deberán estar más fuertemente ligadas a las iniciativas de conservación a nivel comunitario. Los estudios de campo sobre la biodiversidad son importantes y el conocimiento de los objetos de conservación que se encuentran en un lugar es un requisito fundamental para cualquier enfoque en el manejo para la conservación. Sin embargo, las poblaciones locales siempre percibirán y se relacionarán con su ambiente natural y ellas necesitan ser una parte importante (si no la más importante) de cualquier metodología para el manejo de recursos. Hay pocas esperanzas de que la biodiversidad persista de otra manera.

Conclusión

Las EER continuarán brindado información crítica para las acciones de conservación. Esperamos presenciar la evolución constante del concepto de EER y creemos que la información que las futuras EER generen continuará siendo valiosa. Sabemos que la investigación o inventario de campo es un concepto relativamente simple, ya sea que se realice o no con rapidez, y que las tareas de conservación que presentan el mayor desafío incluyen construir una visión comunitaria para la conservación, establecer la presencia del manejo para la conservación, mantener un enfoque en la conservación y asegurar el financiamiento para la conservación a largo plazo. Alentamos una mayor dedicación a todos estos métodos de conservación fundamentalmente importantes.

También alentamos un creciente énfasis en el manejo ecológico bien fundamentado. Apoyamos los métodos adecuados para reducir amenazas con el fin de proteger los elementos que constituyen los objetos de conservación. Alentamos la investigación, cuando sea posible, para caracterizar mejor las relaciones entre los procesos ecológicos que ocurren en áreas de conservación y la distribución y condición de la biodiversidad. Exhortamos el uso de métodos de planificación y manejo para la conservación enfocados a mantener y restaurar las condiciones necesarias para la persistencia de las especies y los tipos de vegetación.

Aunque la EER orienta este método de manejo activo, no lo produce. Esa es la labor de individuos e instituciones comprometidos. Deseamos que estos defensores de la biodiversidad tengan éxito en todas sus faenas.

Referencias bibliográficas

Dinerstein, E., D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. *A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C.: Banco Mundial.

Nature Conservancy, The. 1997. *Designing a Geography of Hope: Ecoregion-based Conservation in The Nature Conservancy*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Olson, D. M. y E. Dinerstein. 1998. The Global 200: A representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12(3)502-515.

Apéndice 1

Una EER como estudio de caso: Parque Nacional del Este, República Dominicana, 1994

En 1994 varias instituciones gubernamentales y no gubernamentales realizaron la EER del Parque Nacional del Este. Este parque, que abarca la región del extremo sureste de la República Dominicana, contiene un ensamblaje único de especies raras y endémicas dentro de bosques subtropicales, manglares y franjas de arrecifes de coral. Esta área protegida comprende 77,000 hectáreas, incluyendo la isla de Saona (mapa 9).

Las instituciones responsables de realizar la EER determinaron que era apropiado realizar una EER para el parque porque las investigaciones previas no habían producido un mapa completo de vegetación o identificado los objetos de conservación. Además de producir mapas de los tipos de vegetación y de hacer un inventario de la diversidad de plantas y animales, el equipo de espeleólogos realizó un inventario de las cuevas del parque. Este proyecto incluyó un análisis socioeconómico, un estudio de factibilidad para el ecoturismo y una evaluación de amenazas. Aunque la EER tuvo componentes terrestre y marino, sólo presentamos aquí el componente terrestre.

Instituciones responsables de realizar la EER

- PRONATURA (una organización no gubernamental para la conservación)
- Secretaría de Agricultura (biólogos y cartógrafos del gobierno)
- Dirección de Parques Nacionales (personal del servicio de parques)
- Espeleogrupo (grupo de espeleólogos)

- Acuario Nacional
- Fundación Mamma
- The Nature Conservancy

Objetivos

Las instituciones responsables desarrollaron los siguientes objetivos para la EER:

- Caracterizar la vegetación del parque y crear los mapas correspondientes.
- Hacer inventarios de flora y fauna (aves, mamíferos, reptiles, anfibios y peces) en cada tipo de vegetación e incorporar los datos a bases de datos para la conservación.
- Capacitar al personal dominicano en el uso de imágenes de satélite, fotografías aéreas, elaboración de mapas e inventarios biológicos.
- Identificar y evaluar las amenazas (ej., avance de la población humana y especies exóticas) al parque y diseñar un programa para el monitoreo de dichas amenazas.
- Evaluar el estado actual y potencial del ecoturismo en el parque desde las perspectivas local y nacional.
- Conducir una evaluación socioeconómica de las comunidades humanas dentro y alrededor del parque para comprender mejor la manera en que hacen uso de los recursos naturales. También, identificar los medios necesarios para obtener participación comunitaria en la conservación de los recursos del parque.
- Investigar las cuevas (reunir datos sobre localización, descripción física, flora y fauna asociadas y actividades turísticas dentro de las cuevas) y hacer recomendaciones de manejo.
- Identificar mecanismos para coordinar a las instituciones públicas y privadas responsables del manejo del parque.

Métodos

Después de delinear los polígonos desconocidos a partir de las imágenes de satélite (Landsat TM del 5/27/88 a escala de 1:24,000) y de las fotografías aéreas (a escala de 1:24,000) (mapas 1-6), los equipos de campo dividieron el mapa de polígonos en 5 regiones de muestreo (mapa 8). Los equipos de vegetación y cartografía establecieron localidades de muestreo por lo menos en un ejemplo representativo de cada tipo de polígono distinto. La habilidad de arribar a los distintos polígonos mediante veredas era un factor importante para determinar la ubicación exacta de las localidades de muestreo. Este trabajo dependía de la participación de guardaparques que señalaran la ubicación de las veredas en el mapa de polígonos. Los equipos de campo pasaron una semana en cada región de muestreo. Para caracterizar los tipos de vegetación, los ecólogos obtuvieron datos sobre la estructura y dominio de la vegetación, así como varios parámetros ambientales como declive, aspecto y posición topográfica. Como parte del inventario florístico, el equipo botánico identificó las especies de plantas vasculares dentro de las localidades de muestreo. Los ornitólogos establecieron transectos de 500 a 800 metros de longitud en los cuales registraron las aves vistas y oídas durante observaciones de 10 minutos de duración a cada intervalo de 100 metros. Los especialistas en mamíferos pusieron redes de niebla a la entrada de las cuevas y otras localidades para el estudio de los murciélagos e hicieron observaciones directas y registraron huellas y excremento para el estudio de mamíferos no voladores. Los especialistas en reptiles y anfibios condujeron búsquedas generales en áreas estratégicas, tales como debajo de los troncos, o tomaron nota de los sonidos emitidos por anfibios. Unos pocos lugares se investigaron en lo que cabe a peces de agua dulce, por ejemplo, charcas en el interior de las cuevas, usando redes y trampas.

En esta EER, una especie se identificó como objeto de conservación si estaba listada como amenazada o en peligro de extinción en el Libro Rojo de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) o incluida en el apéndice I o II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro). En el caso de las plantas, los objetos de conservación fueron aquéllas consideradas raras por su poca ocurrencia.

Resultados

El mapa 9 muestra los tipos de vegetación y las clases de uso de la tierra que resultaron de la interpretación de imágenes y de los estudios de campo. La comunidad más extensa fue el bosque latifolio semi-húmedo de altura media (277.26 kilómetros cuadrados). La tabla siguiente presenta el número de especies observadas de cada grupo taxonómico estudiado (en el capítulo 6 se encuentra una lista de las especies de fauna observadas en cada comunidad vegetal). Los equipos de zoología trabajaron junto con el equipo cartográfico para desarrollar un mapa de las especies de animales en peligro (mapa 10).

Especies de interés para la conservación encontradas en los estudios de campo

Taxa estudiados	*No. de especies observadas*	*No. de endémicas observadas*	*No. de especies que son objetos de conservación*	*No. de especies exóticas*
Plantas	572	53*	12	35
Mamíferos	17	1	1	10
Aves	72	8	6	4
Reptiles	18	18	6	0
Anfibios	5	4	0	1
Peces	4	4	0	0

*Especies endémicas a la Isla de Santo Domingo y Haití

Los mayores hallazgos que influenciaron el desarrollo de recomendaciones de conservación y manejo incluyen los siguientes:

- Las áreas agrícolas y de pastura cubrían 18.09 kilómetros cuadrados del parque. Muchas de las áreas clasificadas como agrícolas eran en realidad campos abandonados.
- Los inventarios de aves fuera de las épocas de apareamiento y migración dieron como resultado bajo número de aves.
- Con la excepción de siete especies de aves, los ornitólogos observaron cada especie en las comunidades de bosque latifolio semi-húmedo, tanto de talla alta como media, lo cual indicó poca especificidad de hábitat a esta escala.
- Hubo muchas especies observadas por primera vez en el parque: tres familias de plantas, 28 géneros y 43 especies de plantas; cuatro especies de aves; una especie de pez; y una especie de reptil y otra de anfibio en la Isla Saona.
- Los mamíferos exóticos parecían predominar sobre los nativos.
- Uno de los equipos de campo descubrió casualmente una población del raro y endémico solenodon (*Solenodon paradoxus*).
- Los análisis socioeconómico y de amenazas encontraron que de las tres comunidades humanas adyacentes al parque, dos son responsables de la mayoría de los impactos. Los impactos generados por cada comunidad diferían en tipo e intensidad. Por ejemplo, algunos individuos de una comunidad cercana colectaban animales para la venta comercial y saqueaban zonas arqueológicas. La mayor parte del uso de recursos de la comunidad en la Isla Saona ocurría a nivel de subsistencia.
- Las amenazas con el mayor impacto al parque eran las especies exóticas, la caza y recolección ilícitas, el arrojo de desperdicios sólidos y la destrucción del hábitat. El mapa 11 muestra las diferentes localidades en las cuales ocurren estas amenazas. Esta información permite a los administradores del parque enfocar los programas de erradicación de amenazas y de uso sustentable de recursos a la fuente de las amenazas, aumentando la probabilidad de preservar exitosamente la integridad ecológica de este parque nacional.

- El equipo EER propuso un plan de zonificación que incluía zonas de amortiguamiento, de uso público y de protección absoluta (mapa 12), con el fin de establecer un equilibrio entre la meta prioritaria de proteger los recursos naturales del parque y las necesidades humanas de subsistencia.

Recomendaciones

Los equipos de la EER desarrollaron las siguientes recomendaciones basándose en la integración de datos sobre el terreno y las especies, así como en los resultados de la evaluación de amenazas y perfiles socioeconómicos y ecoturísticos:

Uso y manejo de los recursos naturales

- Eliminar o reducir las poblaciones de diez mamíferos exóticos encontrados en el parque.
- Desarrollar e implementar un plan de protección y manejo para los mamíferos nativos.
- Reducir la acumulación de basura y eliminar el daño a los sitios arqueológicos y cuevas.
- Desarrollar un plan de manejo y determinar la capacidad de carga para el ecoturismo.
- Definir cuáles actividades humanas quedarán permitidas dentro del parque y cuáles estarán restringidas.
- Delinear y marcar la frontera norte del parque.
- Construir puestos de guardaparques y contratar a este personal en las partes norte y centro de la Isla Saona.
- Aumentar el número de guardaparques y mejorar sus condiciones de trabajo.
- Coordinar con la Fuerza Naval la protección de la zona costera de la Isla Saona.

Investigación científica

- Completar una investigación botánica en el parque; incluir un estudio de las especies endémicas y del potencial económico de las distintas especies de plantas.
- Establecer parcelas permanentes en cada tipo de vegetación.
- Llevar a cabo un censo de aves y determinar las temporadas de migración y apareamiento.
- Localizar las áreas de anidación del palomo *Columba leucocephala* y del perico *Amazona ventralis*.
- Evaluar el estado del ave depredadora exótica *Margarops fuscatus* y establecer un programa para el control de su población.
- Determinar si las tortugas marinas anidan en las playas del parque.
- Estudiar la población y afinidades genéticas de las iguanas del género *Cyclura* en el parque.
- Estudiar a los peces y crustáceos localizados en aguas dulces subterráneas.
- Estudiar el estado de las poblaciones del *Solenodon* y del roedor *Plagiodontia aedium*, ambos endémicos.
- Estudiar la distribución y ciclos de vida de las diferentes especies de mosquitos para determinar programas alternos para el control de mosquitos que alivien el uso de pesticidas tóxicos.

Zonificación y diseño de reservas

- Considerar la adopción del plan de zonificación presentado en el informe de la EER, el cual divide el parque en las siguientes zonas: de amortiguamiento, de uso público y de protección absoluta (mapa 12).

Monitoreo ecológico

- Establecer un programa de monitoreo para el *Solenodon paradoxus* y *Plagiodontia aedium*.
- Monitorear la distribución de las especies de murciélagos en cuevas y otros hábitats.

- Continuar el inventario y monitoreo de los invertebrados terrestres del parque con énfasis en las especies del género *Lepidoptera*, las cuales son buenos indicadores del tipo de vegetación, y en los arácnidos.

Apoyo a las comunidades humanas y desarrollo sustentable

- Considerar el desarrollo del ecoturismo en los pueblos de Adamanay o Mano Juan.
- Integrar microempresas, tales como el ecoturismo, a las actividades económicas de las comunidades dentro y alrededor del parque.
- Definir áreas de la Isla Saona donde los residentes puedan usar los recursos naturales de manera sustentable.

Restauración

- Reforestar campos abandonados con especies nativas y plantas endémicas.

Actividades posteriores a la EER

Los administradores del parque e instituciones colaboradoras están llevando a cabo varias de las recomendaciones que resultaron de la EER y del estudio socioeconómico. Los siguientes proyectos y actividades están en desarrollo:

Proyectos

- Evaluación de la abundancia de especies de importancia económica, con la participación de las comunidades locales.
- Desarrollo de programas para la protección de especies de plantas que son objetos de conservación.
- Investigación de sitios arqueológicos y asentamientos prehistóricos.
- Desarrollo de un plan de manejo para el ecoturismo.

Actividades de protección

- Remoción de algunas de las especies de animales exóticos, tales como vacas, burros, caballos, perros y cabras.
- Desarrollo de reglamentos turísticos.
- Construcción de postes de resguardo.
- Aumento del número de guardaparques.
- Delineación de los límites norte del parque.

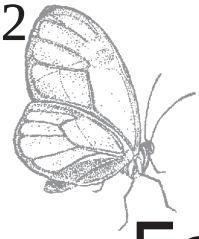
Investigación

- Se localizaron las áreas de anidación del palomo *Columba leucocephala* y del perico *Amazona ventralis*.

Fuente

Nature Conservancy, The. 1997. *Evaluación Ecológica Integral: Parque Nacional del Este, República Dominicana. Tomo 1: Recursos terrestres*. Arlington, Va.: The Nature Conservancy.

Apéndice 2



Formularios para datos de campo

Los formularios de campo que se muestran a continuación se han incluido para permitir a quienes llevan a cabo las EER registrar observaciones de campo de una manera estructurada y completa. Estos formularios se han revisado y refinado con base en la experiencia de varias EER. Los formularios se describieron en los capítulos 6, 7 y 9 e incluyen:

- *Formulario 1*: Descripción de la región de muestreo
- *Formulario 2*: Localidad de muestreo - Comunidad vegetal
- *Formulario 3*: Localidad de muestreo - Inventario de plantas
- *Formulario 4*: Localidad de muestreo - Inventario de animales
- *Formulario 5*: Muestreo de parcelas
- *Formulario 6*: Observaciones casuales - Plantas
- *Formulario 7*: Observaciones casuales - Animales
- *Formulario 8*: Plantas especiales observadas
- *Formulario 9*: Animales especiales observados

Formulario 1: Descripción de la Región de Muestreo

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien rellenó el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Región de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____
(Nombre establecido durante la planificación de la EEE)

Nombre de la provincia, departamento o estado donde se ubica la Región de Muestreo _____

¿Se encuentra la Región de Muestreo en una área protegida? _____ En caso afirmativo, indique el nombre _____

Coordenadas centrales de la Región de Muestreo: lat. _____ long. _____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Indicaciones para llegar a la Región de Muestreo _____

_____

Describa los tipos de vegetación dominantes, así como las características generales del paisaje _____

_____

¿Cuáles tipos de vegetación se encuentran en las Regiones de Muestreo adyacentes? _____

Area Total (km^2) _____ Nombre del mapa _____ Escala _____
($1km^2$ = 100 ha) (Mapa nacional que incluye la Región de Muestreo)

Dueño de la propiedad: Nombre _____ Dirección _____

Ocupación _____ El encargado (si no es el dueño) _____

Demarcación de la propiedad (marque): _____ mapa _____ fotografía _____ imagen de satélite _____ otro: _____

Información adicional sobre la propiedad _____

Marque todos los usos de la tierra en la Región de Muestreo:

_____ Protección de la biodiversidad
_____ Minería
_____ Caza
_____ Ingeniería forestal
_____ Cultivos
_____ Ganadería
_____ Pesca
_____ Otro (Indique) _____

Uso de la tierra alrededor de la Región de Muestreo _____

Marque las amenazas principales que se encuentra en la Región de Muestreo:

_____ Tala y quema
_____ Minería
_____ Ganadería
_____ Caza
_____ Pesca
_____ Extracción de madera
_____ Construcción de caminos
_____ Cambios en el uso de la tierra colindante
_____ Saqueo en las zonas arqueológicas
_____ Frentes de colonización
_____ Contaminación del agua
_____ Drenaje de humedales
_____ Represas
_____ Otro (Indique) _____

Formulario 1: Descripción de la Región de Muestreo

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Región de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____
(Nombre establecido durante la planificación de la EEF)

Nombre de la provincia, departamento o estado donde se ubica la Región de Muestreo _____

¿Se encuentra la Región de Muestreo en una área protegida? _____ En caso afirmativo, indique el nombre _____

Coordenadas centrales de la Región de Muestreo: lat. _____ long. _____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Indicaciones para llegar a la Región de Muestreo _____

_____

Describa los tipos de vegetación dominantes, así como las características generales del paisaje _____

_____

¿Cuáles tipos de vegetación se encuentran en las Regiones de Muestreo adyacentes? _____

Area Total (km^2) _____ Nombre del mapa _____ Escala _____
($1km^2$ = 100 ha) (Mapa nacional que incluye la Región de Muestreo)

Dueño de la propiedad: Nombre _____ Dirección _____

Ocupación _____ El encargado (si no es el dueño) _____

Demarcación de la propiedad (marque): _____ mapa _____ fotografía _____ imagen de satélite _____ otro: _____

Información adicional sobre la propiedad _____

Marque todos los usos de la tierra en la Región de Muestreo:

_____ Protección de la biodiversidad
_____ Minería
_____ Caza
_____ Ingeniería forestal
_____ Cultivos
_____ Ganadería
_____ Pesca
_____ Otro (Indique) _____

Uso de la tierra alrededor de la Región de Muestreo _____

Marque las amenazas principales que se encuentra en la Región de Muestreo:

_____ Tala y quema
_____ Minería
_____ Ganadería
_____ Caza
_____ Pesca
_____ Extracción de madera
_____ Construcción de caminos
_____ Cambios en el uso de la tierra colindante
_____ Saqueo en las zonas arqueológicas
_____ Frentes de colonización
_____ Contaminación del agua
_____ Drenaje de humedales
_____ Represas
_____ Otro (Indique) _____

Formulario 2: Localidad de Muestreo – Comunidad Vegetal

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo * _____ Fecha (d/m/año) _____

Indicaciones para llegar a la Localidad de Muestreo _____

_____

Demarcación de la Localidad de Muestreo: _____ mapa _____ fotos aéreas _____ imagen de satélite _____ otro: _____

Coordenadas de GPS: lat. _____ long. _____

UTM: N _____ E _____ No. de zona de UTM _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Tipo de comunidad (según el esquema aceptado de clasificación) _____

Tipo de comunidad (nombre común) _____

Indique si la comunidad es _____ Primaria o _____ Secundaria Altitud (m) _____

Forma terrestre	Posición Topográfica	Gradiente	Aspecto	Tipo fisonómico *	Fenología de hojas
Montaña (>300 m) Colina (300 m) Altiplano / Meseta Llano Playa Valle Barranco Otro:	Cima Alta pendiente Mediana pendiente Baja pendiente Base	Plana 0° Leve 0-5° Inclinada 6-14° Muy inclinada 15-26° Pronunciada 27-45° Alta 45-69° Abrupta 70-100° Colgante >90°	Plano Variable N 338 – 22° NE 23 – 67° E 68 – 112° SE 113 – 157° S 158 - 202° SO 203 – 247° O 248 – 292° NO 293 – 337°	Bosque denso Bosque Arboreal denso Arboreal enano denso Arboreal Arboreal enano Sabana arbolada Arboreal abierto Arboreal enano abierto Herbaceal No vascular Poca vegetación	Perennifolia (<25% decidua) Subperennifolia (25-50% decidua) Subcaducifolia (25-50% siempre verde) Caducifolia (<25% siempre verde) Anual (>50% anual) Perenne (>50% perenne)

Geología	Suelo	Color del suelo	Humedad del suelo	Superficie sin vegetación	Profundidad de la capa de materia orgánica
Ígnea Volcánica Ígnea Plutónica Metamórfica Sedimentaria No consolidada Otro:	Arcilla Limo Arena Arcilla arenosa Arcilla limosa Otro:	Blanco Gris Marrón Negro Ocre Rojo Otro:	Seco en extremo Muy seco Seco Poco húmedo Húmedo Muy húmedo Saturado Muy saturado Inundado periódicamente Inundado permanentemente	_____% TOTAL _____% Piedras _____% Suelo descubierto _____% Capa de materia org. _____% Lecho de roca _____% Madera seca _____% Agua	_____ Ecosistema Palustre Terrestre

Comentarios sobre el suelo, ambiente, e hidrología * _____
_____

_____

* Favor de ver las instrucciones

Localidad de Muestreo – Comunidad Vegetal Página 2

Nombre de la Región del Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____

Estrato Emergente; Dosel; Sub-dosel; Árboles alto (2-5m); Árboles bajo (<2m); Herbáceo; No-vascular	Altura (m)	Clase de cobertura del estrato (% cobertura durante la estación de crecimiento) 4=60-100%; 3=25-60%; 2=10-25%; 1=0-10%	Indique la especie dominante y su clase de cobertura en cada estrato (6=75-100%, 5=50-75%, 4=25-50%, 3=5-25%, 2=1-5%, 1=0-1%)	DAP (Individuo más grande de la especie de árbol dominante)	Especies epífitas y no-vasculares asociadas con cada estrato

Indique la abundancia de lianas, epífitas y plantas no-vasculares en esta Localidad de Muestreo: A=Abundante, C=Común, O=Ocasional, R=Rara

_____ Lianas _____ Plantas no-vasculares _____ Epífitas

CONSERVACIÓN: Condición de la Localidad de Muestreo: _____ Excelente _____ Buena _____ Regular _____ Pobre

Nivel de perturbación: _____ Alto _____ Moderado _____ Bajo _____ Nada

Marque todas las amenazas principales que se encuentran en la Localidad de Muestreo:

_____ Tala y quema
_____ Ganadería
_____ Extracción de madera
_____ Caza
_____ Pesca
_____ Saqueo en las zonas arqueológicas
_____ Cambios en el uso de la tierra colindante
_____ Represas
_____ Contaminación del agua
_____ Drenaje de humedales
_____ Construcción de caminos
_____ Frentes de colonización
_____ Minería
_____ Otro (Indique) _____

Amenazas de comunidades colindantes _____

_____

Otros comentarios (especies importantes, procesos ecológicos, aspectos del hábitat, etc.) _____

_____

_____

Fotógrafo _____ No del rollo _____ No del cuadro _____

Instrucciones para Formulario 2: Localidad de Muestreo – Comunidad Vegetal

No. de Localidad de Muestreo Use un esquema consecutivo para enumerar las Localidades de Muestreo en y entre las Regiones de Muestreo. Por ejemplo, si la primera Región de Muestreo contiene las Localidades de Muestreos 1,2,3, la segunda Región de Muestreo contendrá las Localidades de Muestreo 4, 5, 6, etc.

Tipo Fisonómico:

Bosque denso: La altura de los árboles es mayor de 5 metros y las copas se traslapan (60-100% cobertura). Los arbustos, hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Bosque: La altura de los árboles es mayor de 5 metros. Las copas usualmente no se traslapan (25-60% cobertura.)Los arbustos, hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Arbustal denso: Los arbustos tienen entre 0.5-5.0 metros de altura y las copas se traslapan (60-100% cobertura). La cobertura de árboles no es mayor de 25%. Las hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Arbustal enano denso: Generalmente, la altura de los arbustos es menor de 0.5 metros, (se puede incluir formas enanas conocidas entre 0.5 y 1 m) y la mayoría de las copas de los arbustos se traslapan (60-100% cobertura). La cobertura de árboles no es mayor de 25%. Las hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Arbustal: Los arbustos tienen entre 0.5-5.0 metros de altura y cobertura de 25-60%. Arboles pueden estar presentes, pero su cobertura no es mayor de 25%. Las hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Arbustal enano: Generalmente, la altura de los arbustos es menor de 0.5 metros, (se puede incluir formas enanas conocidas entre 0.5 y 1 m), con cobertura de 25-60%. Arboles pueden estar presentes, pero su cobertura no es mayor de 25%. Las hierbas y plantas no vasculares están presentes en cualquier porcentaje de cobertura.

Sabana arbolada: La vegetación es principalmente herbácea (gramíneas, helechos, hierbas), con más de 25% cobertura. La cobertura de árboles es 10-25%. Los arbustos y plantas no vasculares pueden estar presentes con 25% o menos cobertura.

Arbustal abierto: La vegetación es principalmente herbácea (gramíneas, helechos, hierbas), con más de 25% cobertura. La cobertura de arbustos es 10-25%. Arboles pueden estar presentes con un porcentaje de cobertura de 10% o menos. Plantas no vasculares pueden estar presentes con 25% o menos cobertura.

Arbustal enano abierto: La vegetación es principalmente herbácea (gramíneas, helechos, hierbas), con más de 25% cobertura. Generalmente, la altura de los arbustos es menor de 0.5 metros (se puede incluir formas enanas conocidas entre 0.5 y 1 m) con cobertura de 10-25%. Arboles pueden estar presentes con un porcentaje de cobertura de 10% o menos. Plantas no vasculares pueden estar presentes con 25% o menos cobertura.

Herbazal: La vegetación es herbácea (gramíneas, helechos, hierbas), con más de 25% cobertura. Arboles, arbustos o plantas no vasculares pueden estar presentes con 25% o menos cobertura.

No vascular: Vegetación no vascular (briófitas, líquenes u otras plantas no-vasculares) con cobertura mayor de 25%. Arboles, arbustos y plantas no vasculares pueden estar presentes con una cobertura de 25% o menos.

Poca vegetación: El substrato predominantemente sin vegetación. La cobertura combinada de árboles, arbustos, hierbas y plantas no vasculares es menor de 25%.

Comentarios sobre el suelo, ambiente e hidrología: Describa otros factores que puedan influir la comunidad de vegetación. Por ejemplo, pH del suelo, fluctuación en el nivel de agua, estaciones, marea, clima, etc.

Formulario 3: Localidad de Muestreo – Inventario de Plantas

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____ No. de la Localidad de Muestreo _____

Anote cada especie observada. Si no se conoce la especie, indique el género, familia o nombre común. Use una de las siguientes categorías para describir el hábito: árbol (incluya la altura estimada), arbusto, hierba, enredadera, liana o epífita. Estime el porcentaje de cobertura.

Nombre Científico	Hábito	Altura (m)	Porcentaje de Cobertura	Colector	No. de Colección	Fotógrafo	No. del Rollo	No. del Cuadro

Formulario 4: Localidad de Muestreo – Inventario de Animales

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Región de Muestreo _____

Fecha (d/m/año) _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ Página ___ de ___ para esta Localidad de Muestreo

Grupos taxonómicos _____ Duración de la colecta de datos (hr. o min.)_____

Metodología (Marque todo lo que se aplica):
____ observaciones visuales ____ redes ____ trampas ____ parcelas de hojarasca ____ otro (indique) _____

Descripción del transecto (si el muestreo ocurrió en un transecto): Largo(m) _____ Altitud (m) _____

Punto inicial: Lat._____ Long. _____ Punto final: Lat._____ Long. _____

Punto inicial: UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial: N _____ E _____

Punto final: UTM: N _____ E _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial: N _____ E _____

Indique cómo se detectó cada especie (observación directa, vocalización, egagrópilas, excremento, huellas, nidos).

No. de colecta (si se tiene espécimen)	Especie	Evidencia de presencia	Número observado

Formulario 5: Muestreo de Parcelas

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____ No. de la Localidad de Muestreo _____

No. de parcela de muestreo _____ ¿Parcela permanente? ___ Sí ___ No Gradiente (en grados) _____

Longitud de la parcela (m)_____ Ancho (m)_____ Radio(m) _____ Area total de la parcela (m^2) _____

Coordenadas: lat._____ long._____ Altitud (m)_____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____

Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Indicaciones para llegar a la parcela de muestreo: (Indique la distancia entre la parcela y un punto de referencia) _____

_____

Indique todas las especies de plantas que se encuentran en la parcela de muestreo. Mida el diámetro a la altura de pecho (DAP) de los árboles en centímetros.

Nombre científico	Altura (m)	DAP o Porcentaje de Cobertura	Comentarios (Características morfológicas)	No. de Colección	Fotógrafo	No. del Rollo	No. del Cuadro

Formulario 5: Parcela de muestreo Página 2

Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ No. de parcela de muestreo _____

Nombre científico	Altura (m)	DAP o Porcentaje de Cobertura	Comentarios (Características morfológicas)	No. de Colección	Fotógrafo	No. del Rollo	No. del Cuadro

Formulario 6: Observaciones Casuales – Plantas

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____

(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____

Anote cada especie observada. Si no se conoce la especie, indique el género, familia o nombre común. Use una de las siguientes categorías para describir el hábito: árbol (incluya la altura estimada), arbusto, hierba, enredadera, liana o epífita. Estime el porcentaje de cobertura. Escriba los puntos GPS para las plantas raras o amenazadas.

Nombre Científico	Hábito	Altura (m)	Porcentaje de Cobertura	GPS lat	GPS long	UTM N	UTM E	Colector	No de Colección	Fotógrafo	No del Rollo	No. del Cuadro

Formulario 7: Observaciones Casuales – Animales

Nombre del Proyecto _____ Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Región de Muestreo _____

Investigadores _____

(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Provea los detalles para cada observación en una línea separada. Ejemplos de evidencia de presencia incluyen: observaciones directas, vocalizaciones, egagrópilas, excremento, huellas y nidos.

Fecha (d/m/año)	Observador	Localidad de Muestreo más cercana	GPS lat.	GPS long.	UTM N	UTM E	Especie	Evidencia de presencia	Número observado

Formulario 8: Plantas Especiales Observadas

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____

Nombre científico _____ Nombres comunes _____

Hábito: ____ árbol ____ arbusto ____ enredadera ____ liana ____ hierba ____epífita

Intensidad de luz: ____ luz abierta ____ luz filtrada ____sombra

¿Sacaron fotos? ___ No ___ Sí : Fotógrafo _____ No. del rollo _____ No. del Cuadro _____

Coordenadas: lat._____ long._____ Altitud (m)_____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM_____

Nombre del archivo GPS _____ Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Si se colectaron especímenes, indique quién hizo la colecta, el número de la colecta y el herbario: _____

_____

CARACTERISTICAS

Fenología	# Aprox. de individuos	Area de población aprox.	Edad	Vigor
___ En hoja	___1 - 10	___ 1m_	____% Plántulas	___ Muy débil
___ En brote	___ 11 - 50	___ 1 - 5m_	____% Inmaduras	___ Débil
___ En flor	___ 51 - 100	___ 5 - 10m_	____% Maduras	___ Normal
___ En fruto	___ 101 - 1000	___ 10 - 100m_	____% Senescentes	___ Vigoroso
___ Dispersando semillas	___ 1001 - 10.000	___ 100m_ - Ha.		
___ Durmiente	___ > 10.000	___ > 1 Ha.		

Resuma las características de la población de esta especie, tales como el tamaño, número, condición y viabilidad:

_____

_____

Describa la comunidad vegetal en que se encuentra localizada la población de esta especie: _____

_____

Indique unas 5 especies dominantes o codominantes de los diferentes estratos y su porcentaje de cobertura:

_____

_____

Formulario 8: Plantas Especiales Observadas

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____

Nombre científico _____ Nombres comunes _____

Hábito: ____ árbol ____ arbusto ____ enredadera ____ liana ____ hierba ____epífita

Intensidad de luz: ____ luz abierta ____ luz filtrada ____sombra

¿Sacaron fotos? ___ No ___ Sí : Fotógrafo _____ No. del rollo _____ No. del Cuadro _____

Coordenadas: lat._____ long._____ Altitud (m)_____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM_____

Nombre del archivo GPS _____ Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Si se colectaron especímenes, indique quién hizo la colecta, el número de la colecta y el herbario: _____

_____

CARACTERISTICAS

Fenología	# Aprox. de individuos	Area de población aprox.	Edad	Vigor
___ En hoja	___1 - 10	___ 1m_	____% Plántulas	___ Muy débil
___ En brote	___ 11 - 50	___ 1 - 5m_	____% Inmaduras	___ Débil
___ En flor	___ 51 - 100	___ 5 - 10m_	____% Maduras	___ Normal
___ En fruto	___ 101 - 1000	___ 10 - 100m_	____% Senescentes	___ Vigoroso
___ Dispersando semillas	___ 1001 - 10.000	___ 100m_ - Ha.		
___ Durmiente	___ > 10.000	___ > 1 Ha.		

Resuma las características de la población de esta especie, tales como el tamaño, número, condición y viabilidad:

_____

_____

Describa la comunidad vegetal en que se encuentra localizada la población de esta especie: _____

_____

Indique unas 5 especies dominantes o codominantes de los diferentes estratos y su porcentaje de cobertura:

_____

_____

Formulario 9: Animales Especiales Observados

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____

Nombre científico _____ Hora de la observación _____

Coordenadas: lat. _____ long. _____ Altitud (m) _____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____ Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Estado, Provincia o Dept. _____ Condiciones meteorológicas generales _____

BIOLOGIA

Tipo de observación (Marque todos los que correspondan): ____Visual ___ Huellas ____Canto ____ Excremento, egagrópila ___ Otro: _____

Número observado _____ Número estimado _____ Tipo de estimación _____

Edad y género de los individuos _____

Tipo de localización de la especie (Indique todos lo que aplica):

_____ Area de alimentación _____Colonia

_____Territorio _____Cubil

_____Area de reproducción o nido _____ Area donde las aves migratorias pasan el invierno

_____Area de dormir _____ Residente permanente

_____Corredor

Calidad / Condición de la localización: (Escoja una de las siguientes opciones)

_____Excelente _____Marginal

_____Buena _____Pobre

_____Información insuficiente para calificar

Observaciones generales acerca del comportamiento de la especie (Indique actividades tales como canto, alimentación, reproducción, territorialidad, etc.)

_____

HABITAT

Anote el hábitat donde se efectúan las observaciones, tales como bosque nublado tropical, sabana, bosque ribereño. Mencione otras características pertinentes del hábitat, por ejemplo: abundancia de bromelias y lianas. _____

_____

_____

Indique la extensión aproximada del hábitat más allá del punto de observación. Por ejemplo: Se observaron 2 caimanes en una orilla arenosa de 50 m de largo en el Río Aponguao, 200 m arriba de una cascada.

_____

_____

Formulario 9: Animales Especiales Observados

Nombre del Proyecto _____ Investigadores _____
(Circule el nombre de la persona quien está llenando el formulario)

Nombre de la Región de Muestreo _____ No. de la Localidad de Muestreo _____ Fecha (d/m/año) _____

Nombre científico _____ Hora de la observación _____

Coordenadas: lat. _____ long. _____ Altitud (m) _____

UTM: N _____ E _____ No. de zona UTM _____

Nombre del archivo GPS _____ Corrección diferencial GPS: N _____ E _____

Estado, Provincia o Dept. _____ Condiciones meteorológicas generales _____

BIOLOGIA

Tipo de observación (Marque todos los que correspondan): ____Visual ___ Huellas ____Canto ____ Excremento, egagrópila ___ Otro: _____

Número observado _____ Número estimado _____ Tipo de estimación _____

Edad y género de los individuos _____

Tipo de localización de la especie (Indique todos lo que aplica):

_____ Area de alimentación _____Colonia

_____Territorio _____Cubil

_____Area de reproducción o nido _____ Area donde las aves migratorias pasan el invierno

_____Area de dormir _____ Residente permanente

_____Corredor

Calidad / Condición de la localización: (Escoja una de las siguientes opciones)

_____Excelente _____Marginal

_____Buena _____Pobre

_____Información insuficiente para calificar

Observaciones generales acerca del comportamiento de la especie (Indique actividades tales como canto, alimentación, reproducción, territorialidad, etc.)

_____

HABITAT

Anote el hábitat donde se efectúan las observaciones, tales como bosque nublado tropical, sabana, bosque ribereño. Mencione otras características pertinentes del hábitat, por ejemplo: abundancia de bromelias y lianas. _____

_____

_____

Indique la extensión aproximada del hábitat más allá del punto de observación. Por ejemplo: Se observaron 2 caimanes en una orilla arenosa de 50 m de largo en el Río Aponguao, 200 m arriba de una cascada.

_____

_____

Apéndice 3

Ejemplo del alcance del trabajo para una EER

Este documento detalla la naturaleza del trabajo que se conduce como apoyo a una Evaluación Ecológica Rápida (EER) de (*nombre del área de estudio*) así como los papeles y responsabilidades de las instituciones participantes en esta actividad. (*Nombre de la entidad solicitante*) ha comisionado a (*contratista principal*) esta evaluación de la biodiversidad con el fin de obtener información relacionada con la importancia de la diversidad biológica del área. Se pretende que la EER produzca información de base sobre la biodiversidad y una jerarquización de las áreas de importancia biológica.

Objetivos de la EER

La EER tiene tres objetivos primarios:

1. Caracterizar los tipos de vegetación en el área de estudio a partir de la interpretación de imágenes y evaluar la biodiversidad en estos hábitats por especialidad científica.
2. Asignar a estas unidades de hábitat prioridades de significación de la biodiversidad para lograr una más informada administración para la conservación del área.
3. Recomendar áreas candidatas para la creación de áreas de conservación permanentes dentro del área de estudio.

Instituciones participantes

La agencia solicitante y de financiamiento para esta EER es (*nombre de la entidad solicitante*). La institución a cargo de la administración y responsabilidad general de la EER es (*nombre del contratista*).

La (*agencia responsable de llevar a cabo el proyecto, si es distinta al contratista*) subcontratará a (*contratista*) en el papel de institución responsable principal para la EER.

Area de estudio

El área de estudio para la EER es (*descripción detallada*).

Alcance del trabajo

El (*contratista*) está de acuerdo en realizar una EER para (*entidad solicitante*) con el objeto de caracterizar la biodiversidad en el área de estudio. Esta EER abarcará lo siguiente:

1. Interpretación de imágenes de sensores remotos para determinar y delinear los tipos de vegetación dentro del área de estudio. Las fuentes de imágenes, en orden de preferencia, son las siguientes:

   Fotografía aérea infrarroja en escala 1:24,000 (o la mejor escala más actualizada)
   Fotografía aérea en color natural en escala 1:24,000 (o la mejor escala más actualizada)
   Fotografía aérea en blanco y negro en escala 1:24,000 (o la mejor escala más actualizada)
   Imágenes del Landsat Thematic Mapper (TM)
   Imágenes multiespectrales SPOT
   Imágenes pancromáticas SPOT
   Imágenes de radar

   La fuente de imágenes más útil para la EER es una combinación de fotografía aérea infrarroja e imágenes del satélite Landsat TM. Esto permite trazar en una imagen base TM los polígonos de vegetación provenientes de la interpretación de fotografías aéreas.

   (*La entidad solicitante*) proveerá también el medio de transporte aéreo (helicóptero o avioneta de alas fijas) y el piloto para dos misiones de reconocimiento (sobrevuelos) durante los cuales se obtendrán fotografías y posiciones GPS. Un equipo de cuatro a seis científicos participará en el sobrevuelo.

   (*La entidad solicitante*) proveerá al (*contratista o responsable principal*) dos (2) juegos en papel (así como conjuntos de datos digitales si los hay) de lo siguiente:

   Imágenes
   Mapas topográficos del área total de estudio (todas las páginas) en escala (la más adecuada)

2. Talleres de planificación y capacitación
   (*El contratista o responsable principal*) organizará y conducirá talleres de planificación y capacitación en el área de estudio para el personal administrativo y de campo. Estos dos talleres pueden combinarse en uno solo. Los talleres generarán un plan y cronología de muestreo y asignarán tareas a los equipos responsables.

3. Trabajo de campo
   Los tipos de vegetación identificados en la fase de interpretación de imágenes serán verificados en el campo mediante visitas efectuadas por los equipos de biólogos de campo. Todas las clases de vegetación identificadas en la fase de Caracterización Inicial del Terreno serán caracterizadas. Los equipos visitarán localidades de muestreo predeterminadas que representen una muestra aceptable (lo cual se determinará en el taller de planificación) de todas las localizaciones de clases de vegetación identificadas. En cada localidad de muestreo o punto de observación se obtendrán datos sobre los siguientes taxa biológicos: plantas (principalmente árboles y otras plantas leñosas), mamíferos, aves (migratorias y residentes), reptiles y anfibios. La entomofauna e ictiofauna no se caracterizarán en esta EER. Las plantas se evaluarán mediante el estudio de parcelas; los animales serán censados mediante observaciones estándar y técnicas de captura; y se hará también un inventario y captura de aves mediante

observación directa y utilizando redes de niebla. Se dará énfasis a la información a nivel de localización de poblaciones con geolocalización. La información a nivel de abundancia no será presentada, pero se abordarán cuestiones relacionadas con las temporadas del año para las especies.

4. Síntesis de la información
   La información separada por especialidad científica se integrará para formar un solo análisis coherente. Los tipos de vegetación serán caracterizados y trazados en un mapa. La biodiversidad a nivel de especie dentro de estas unidades será caracterizada prestando especial atención al desarrollo de información sobre especies y comunidades endémicas y en peligro.

5. Asignación de niveles de significación de la biodiversidad
   Se asignarán grados de significación de la biodiversidad a las localizaciones individuales de tipos de vegetación a nivel de polígono de acuerdo a las siguientes clases (estas clases son preliminares y sujetas a modificación):

   Grado más alto
   Grado alto
   Grado moderado
   Grado menor

   La distinción entre estas clases se determinará en base a la biodiversidad, condición del hábitat, extensión del hábitat, amenazas, potencial de conectividad, contigüidad con grandes bloques de terreno adyacente, etc. Durante el taller de planificación se producirá una descripción precisa de estos parámetros y grados.

Productos

La EER generará los siguientes productos:

1. Borrador del informe final de la EER.

2. Informe final de la EER.
   El informe final contendrá texto que describe la metodología, resultados, análisis y conclusiones, junto con mapas y gráficas de apoyo. Contendrá una descripción de los distintos tipos de vegetación y sus distribuciones espaciales, así como de su significación de la biodiversidad. Aunque el informe contendrá una breve exposición sobre cualesquiera recomendaciones de manejo obvias generadas a partir de los resultados, éste no incluirá todas las posibles recomendaciones de manejo explícitas. El informe presentará recomendaciones de zonas candidato para ser consideradas en la planificación del establecimiento de áreas protegidas permanentes.

3. Mapa base en escala 1:250,000 generado por un SIG, que muestra los caminos y veredas, poblados, altitud, cursos de agua y límites de la zona.

4. Mapa en escala 1:250,000 mostrando los tipos de vegetación.

5. Mapas en escala 1:100,000 mostrando los tipos de vegetación a una resolución espacial más fina. Estos mapas también presentarán las localizaciones de elementos especiales (especies) siempre y cuando la publicación de esta información no ponga en riesgo la integridad del elemento.

6. Mapa en escala 1:250,000 de los grados de significación de la biodiversidad.

7. Una serie de mapas en escala 1:100,000 que muestra la clasificación de las unidades de vegetación dentro del esquema de significación de la biodiversidad.
   Se entregarán a (*la entidad solicitante*) tres copias de todos los mapas en formato impreso. Se crearán también archivos digitales de estos mapas en PostScript u otro formato similar. La capa digital SIG (datos) también se entregará a (*la entidad solicitante*). Estas capas de datos incluirán lo siguiente:

   Rasgos del mapa base (caminos, ríos, poblados, etc.)
   Localidades de muestreo
   Tipos de vegetación
   Grados de significación de la biodiversidad
   Areas candidatas de protección para la conservación permanente

   Todos los datos SIG se entregarán en formato de exportación de cobertura ESRI/ArcInfo (archivos *nombrecobertura.E00* para cada capa de información).

Acuerdo para el intercambio de información

Los datos generados mediante una EER se archivarán en (*todas las instituciones*). (*La entidad solicitante*) retiene los derechos de propiedad intelectual de la información generada mediante este estudio, pero no obstruirá de manera irracional el uso de estos datos por (*el contratista o responsable principal*) para propósitos de publicación o presentación, excepto en el caso de información sobre localizaciones de naturaleza delicada (ej., ubicaciones de especies raras o en peligro o especies de valor comercial o artesanal significativo). Debe obtenerse el permiso de (*la entidad solicitante*) para reproducir información sobre localizaciones específicas antes de que se publique dicha información.

Consideraciones adicionales

El alcance del trabajo depende de la provisión de imágenes. (*La entidad solicitante*) también proporcionará:

Acceso a todas las zonas del área de estudio.
Un vehículo para el uso del equipo de campo por la duración del muestreo de campo.
Dos sobrevuelos del área de estudio.
Hospedaje y comidas para los equipos de campo durante la temporada de muestreo.
Un área para el procesamiento de muestras colectadas en el campo, una fuente abastecedora de luz y electricidad para el uso de equipo tal como las computadoras portátiles, así como baterías recargables.
Permisos, de acuerdo a la legislatura vigente, para la adquisición, procesamiento, registro y almacenamiento de especímenes.
Un persona que actúe como punto de contacto general para asuntos relacionados con el área de estudio, quien responderá a las comunicaciones y peticiones de asistencia.

Informes

(*El contratista*) proveerá informes trimestrales de avance (*fechas*), un borrador del informe final (*fecha*) y un informe final (*fecha*). (*El contratista*) también presentará un plan de trabajo y estrategia de muestreo detallados antes de comenzar el trabajo de campo. Los cambios a la agenda para presentación de los informes requieren autorización previa de (*la entidad solicitante*).

Desembolsos

(*La entidad solicitante*) acuerda pagar (*al contratista*) un total de (*cantidad del contrato*) por este trabajo. El desembolso de este total se hará de acuerdo al calendario siguiente:

25 por ciento al momento en que ambas partes firman este Alcance del Trabajo
35 por ciento a la entrega del Plan de Trabajo y Estrategia de Muestreo
20 por ciento a la entrega del borrador del Informe Final
20 por ciento a la entrega del Informe Final

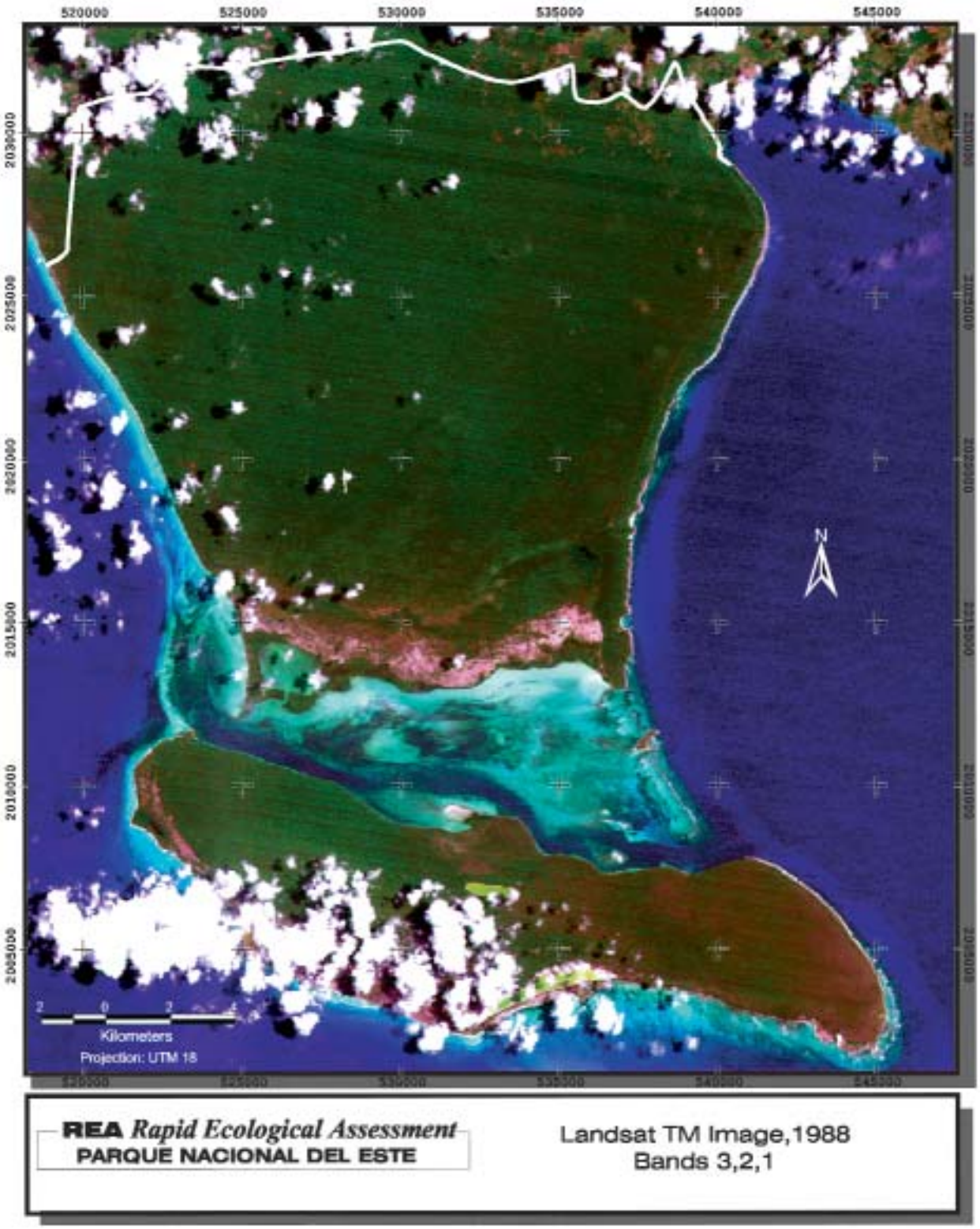
Apéndice 4

Ejemplo de mapas a color

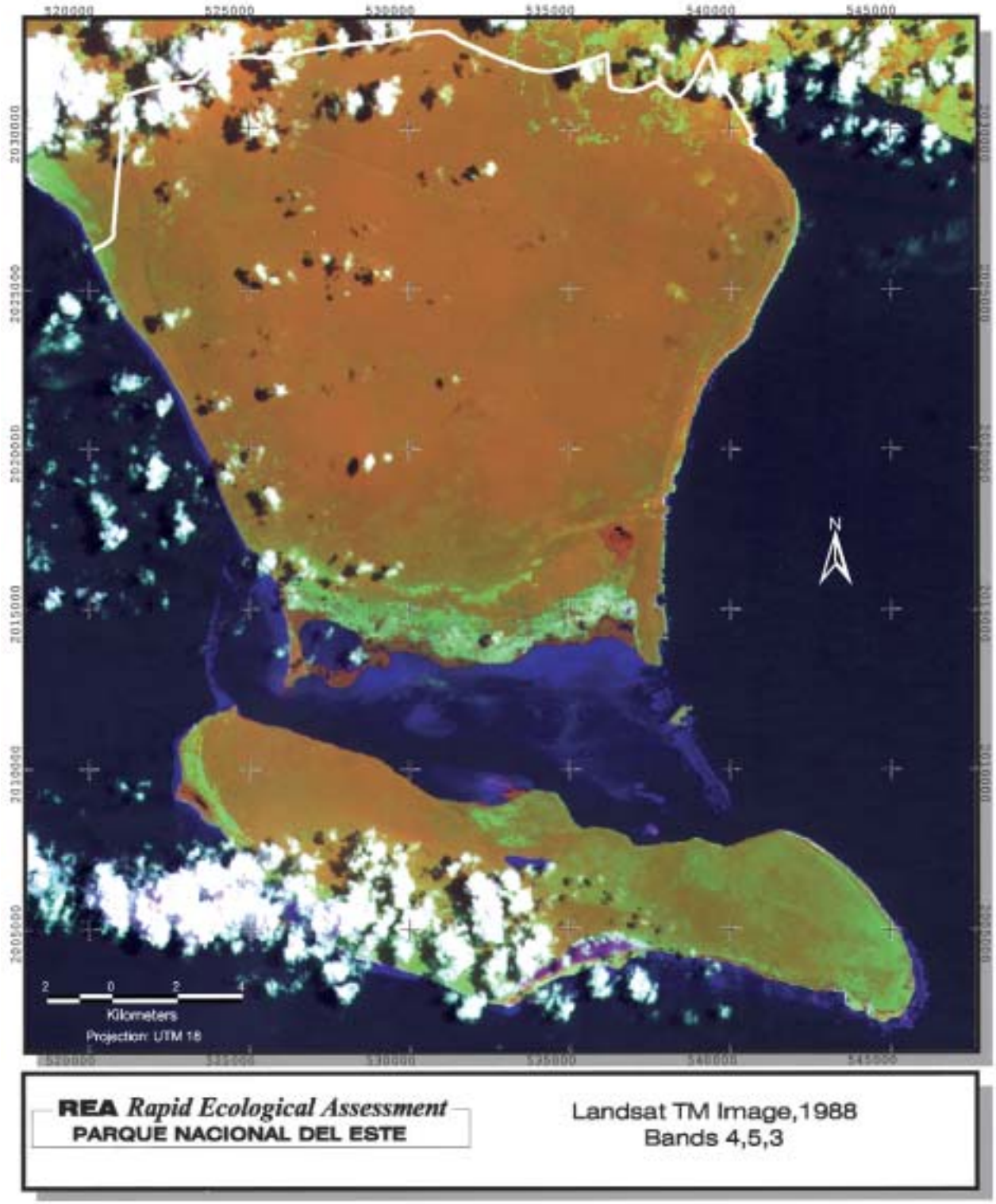
Los diecisiete mapas a color que se muestran enseguida son ejemplos del tipo de producto cartográfico obtenido durante las EER. Los primeros doce mapas se produjeron para una EER del Parque Nacional del Este en la República Dominicana (The Nature Conservancy, 1997). Estos doce mapas ilustran la secuencia y productos típicos del proceso de elaboración de mapas durante una EER y representan un estudio de caso pictórico desde una perspectiva de análisis espacial (ver el apéndice 1 para una descripción textual de este mismo estudio de caso). Los mapas que se modificaron para incluirse en este libro fueron producidos por el personal del Departamento de Inventario de los Recursos Naturales (DIRENA) dentro de la Secretaría de Agricultura del gobierno.

Los cinco mapas restantes se produjeron durante otras EER y se incluyen para ilustrar la variedad de productos y métodos de elaboración de mapas que resultan del proceso de una EER.

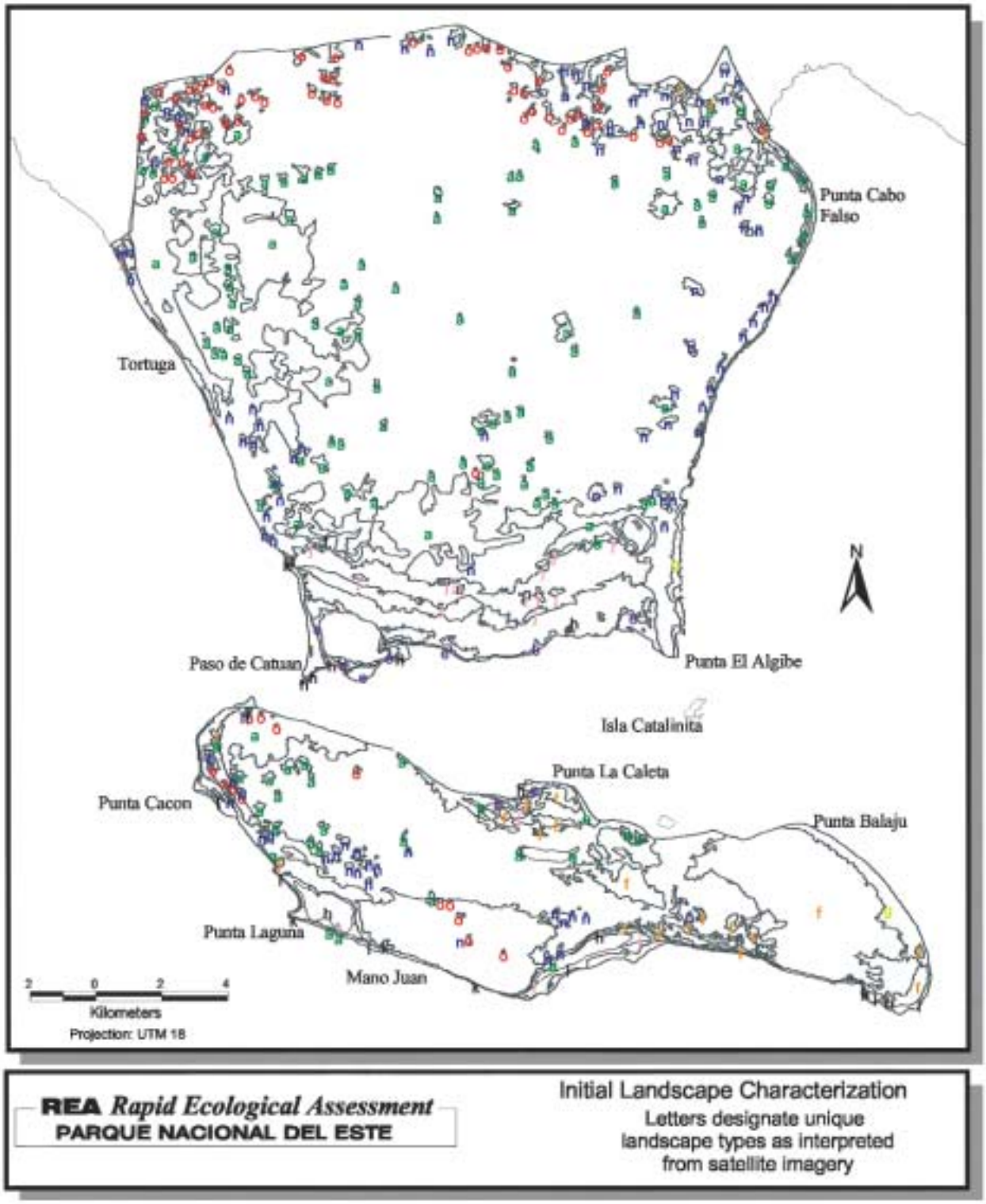
Aunque estos mapas se incluyen aquí en formato de 8.5 x 11 pulgadas, la mayoría se crearon originalmente como mapas más grandes y detallados. Su inclusión es para fines ilustrativos solamente y no se implica una exactitud geográfica o temática.



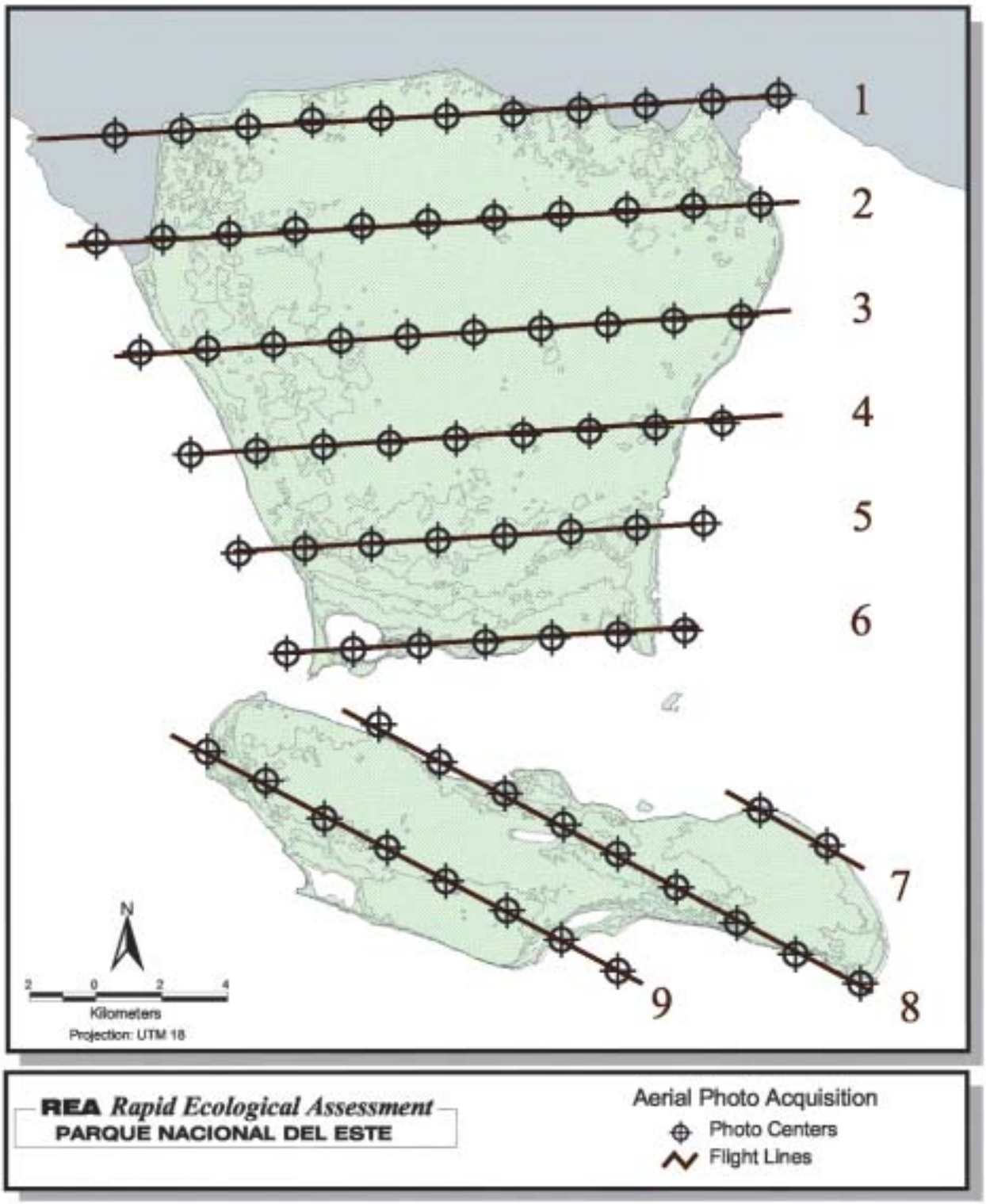
Mapa 1. Imagen de satélite en color natural del Parque Nacional del Este, República Dominicana. Se dibujó en la imagen la frontera norte del parque junto con una cuadrícula UTM. Una extensa cobertura de nubes aborregadas y sombras de nube cubren una porción de la isla y la península, lo cual es un problema crónico para los ecólogos que utilizan sensores remotos. Nótese el detalle sobre el desarrollo de arrecifes y otros rasgos marinos; las imágenes y fotografías a color por lo general son de calidad superior para elaborar mapas de comunidades marinas.



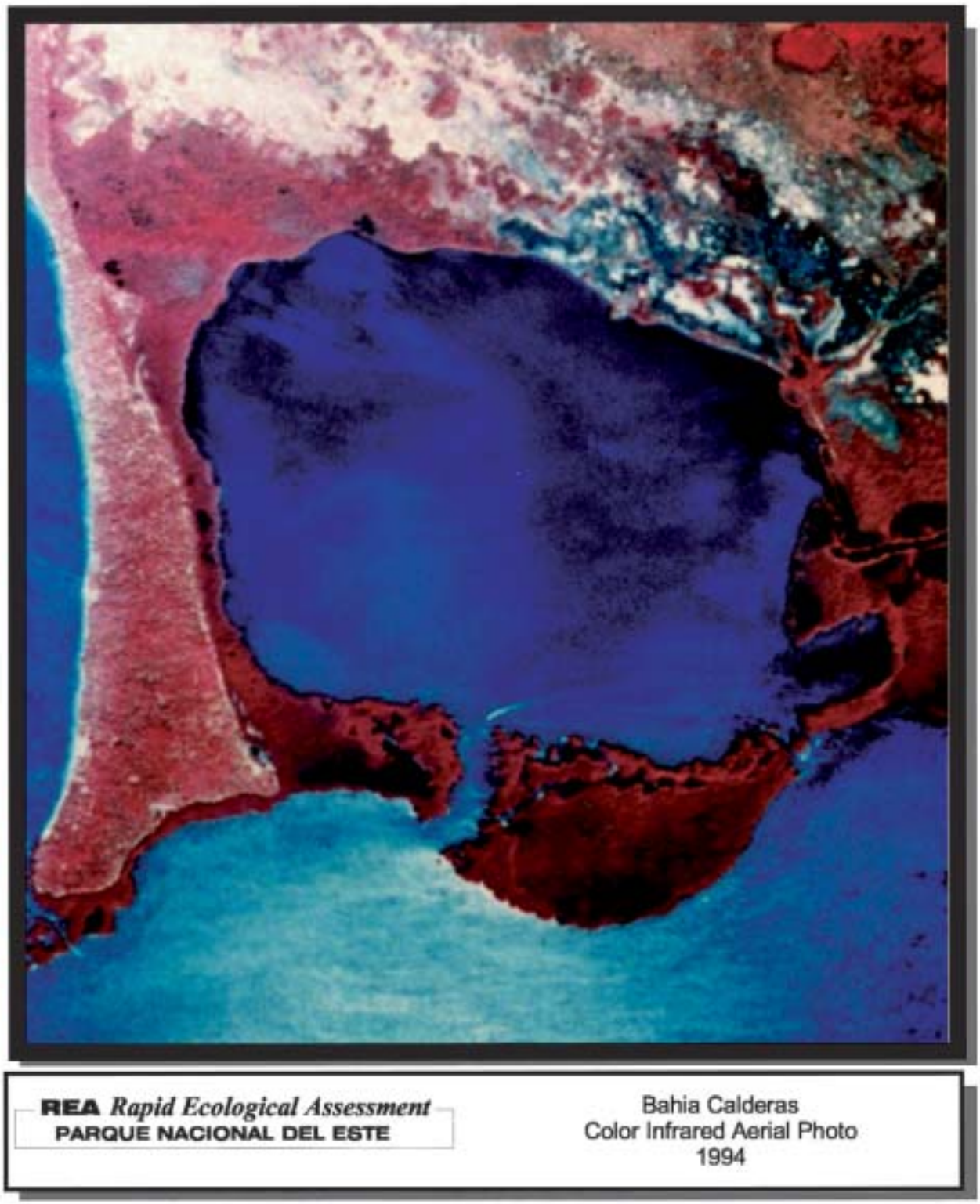
Mapa 2. Imagen de satélite en infrarrojo del Parque Nacional del Este, República Dominicana. Las combinaciones de bandas de colores infrarrojos son más apropiadas para los mapas de vegetación terrestre. Nótese, por ejemplo, que los manglares (en rojo más profundo) no se aprecian o apenas se distinguen en la imagen en color natural (mapa anterior) pero en esta imagen están bien separados de la vegetación adyacente. Sin embargo, se sacrificó el detalle de delineación de comunidades marinas.



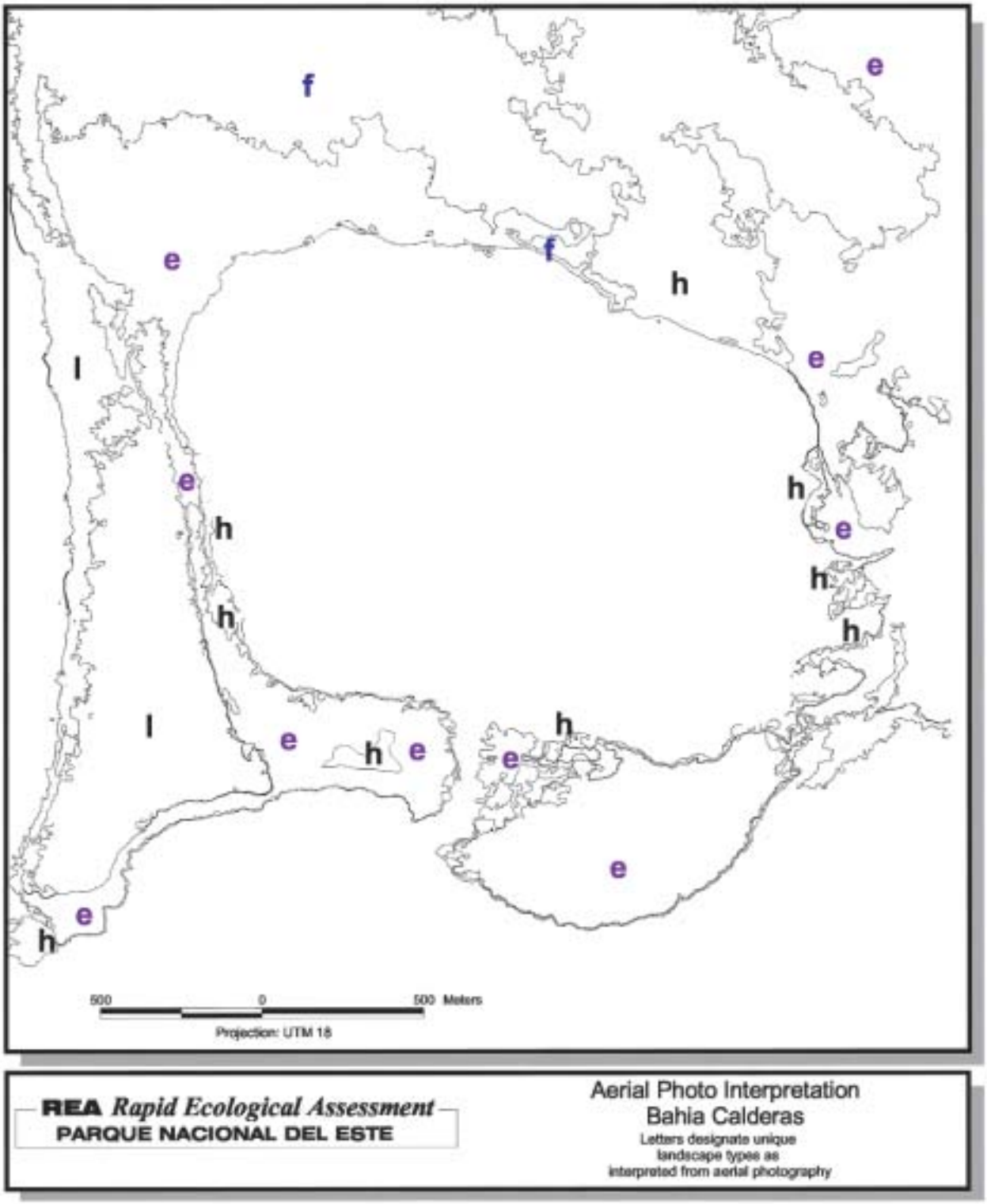
Mapa 3. Resultados de la caracterización inicial del terreno proveniente de la interpretación de imágenes. Todas las áreas con reflectancia espectral única han sido asignadas a clases y etiquetadas. Este mapa de trabajo generalmente se denomina "mapa de polígonos desconocidos", pero si los ecólogos participan en la interpretación de hecho se asignan las etiquetas correspondientes a clases de vegetación preliminares. Si se percibe que la interpretación de imágenes no separa suficientemente las comunidades vegetales, y si los recursos lo permiten, debe considerarse adquirir fotografías aéreas.



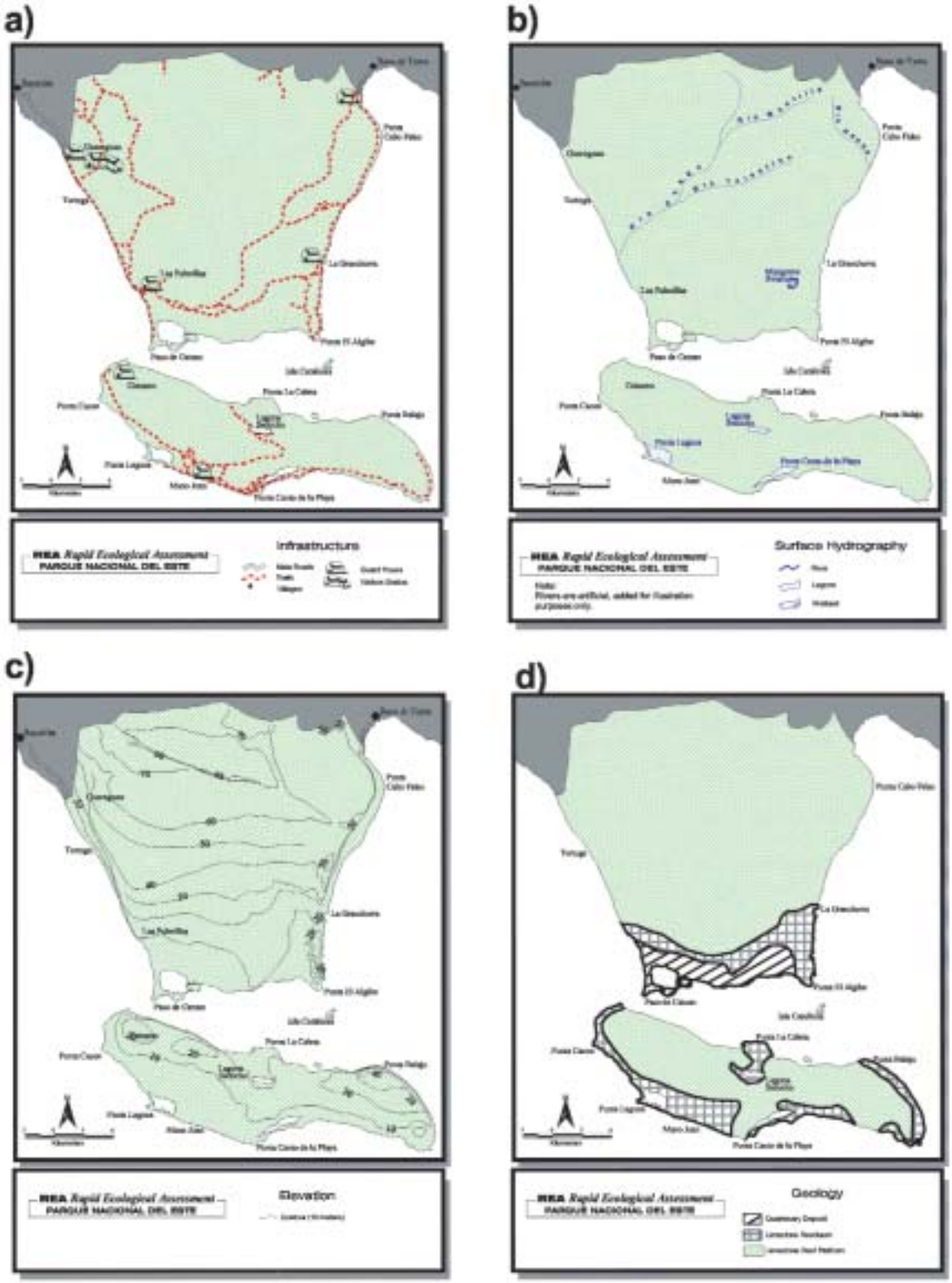
Mapa 4. Misión de toma de fotografías aéreas. Para la mayoría de aplicaciones de los mapas de comunidades vegetales terrestres, la fuente de datos más deseable son las fotografías aéreas en infrarrojo de escala adecuada (en este caso 1:240,000). Pueden interpretarse en estéreo, lo cual permite distinguir diferencias en altura del dosel, usualmente un indicador de cambios en estructura y composición de las comunidades. Este mapa muestra las líneas de vuelo y centros de tomas fotográficas.



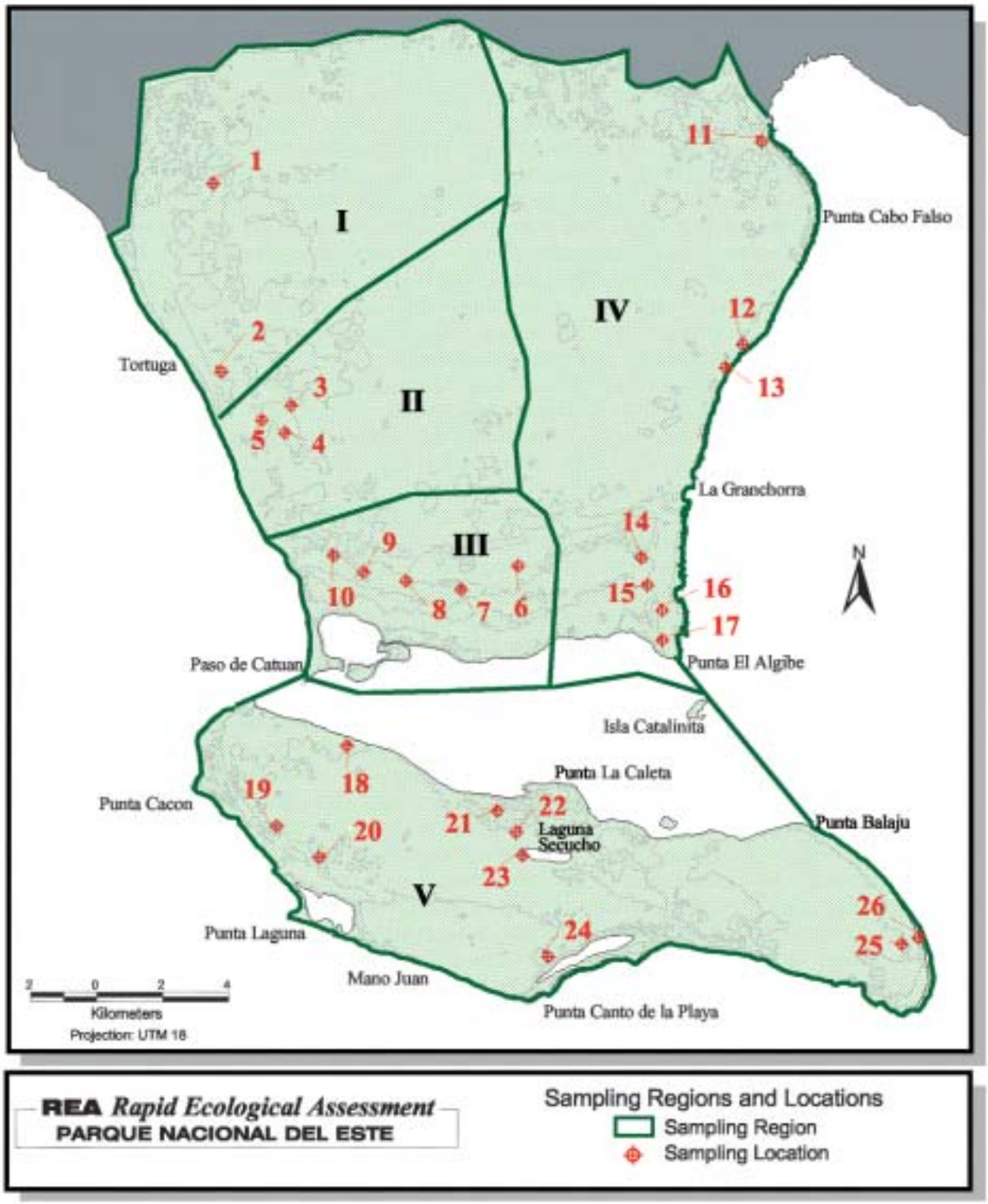
Mapa 5. Fotografía aérea en infrarrojo, Parque Nacional del Este, República Dominicana. Esta foto de Bahía Calderas en el rincón suroeste de la península muestra el detalle adicional disponible para elaborar mapas a partir de fotografías aéreas en escala mayor. El borde oeste del terreno es una plantación de palmas; se pueden discernir las copas de palmas individuales. Un barco turista está a punto de salir de la bahía. En la fotografía se distinguen por lo menos siete tipos de comunidades vegetales o clases de cobertura terrestre.



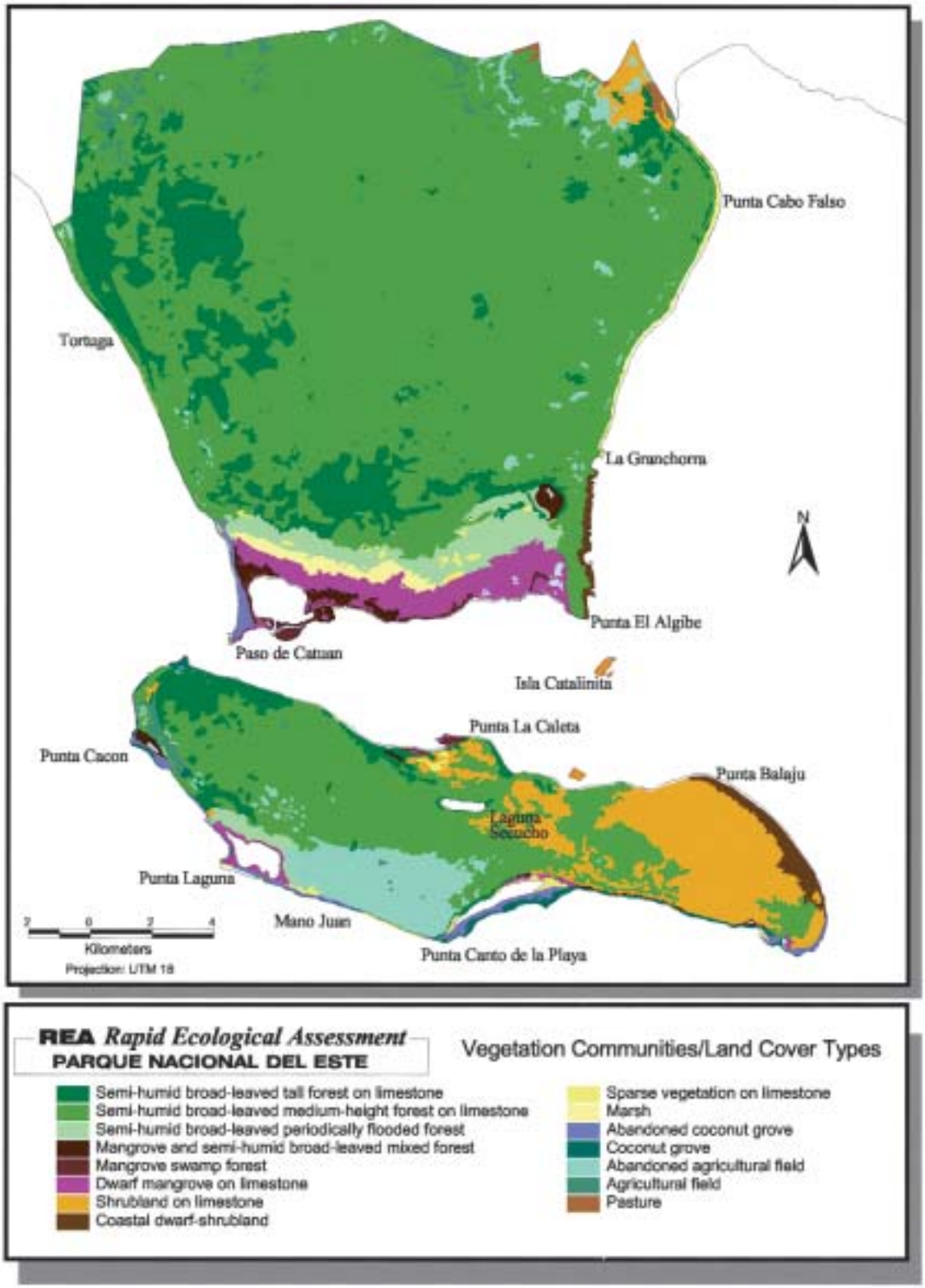
Mapa 6. Resultados de la caracterización inicial del terreno proveniente de la interpretación de imágenes. Cuando existen tanto fotografías como imágenes para el área de la EER, entonces se interpretan las fotografías y los polígonos trazados se transfieren a la imagen. La imagen puede usarse entonces para refinar la fotointerpretación, pero con mayor frecuencia sirve como telón de fondo para los mapas subsiguientes.



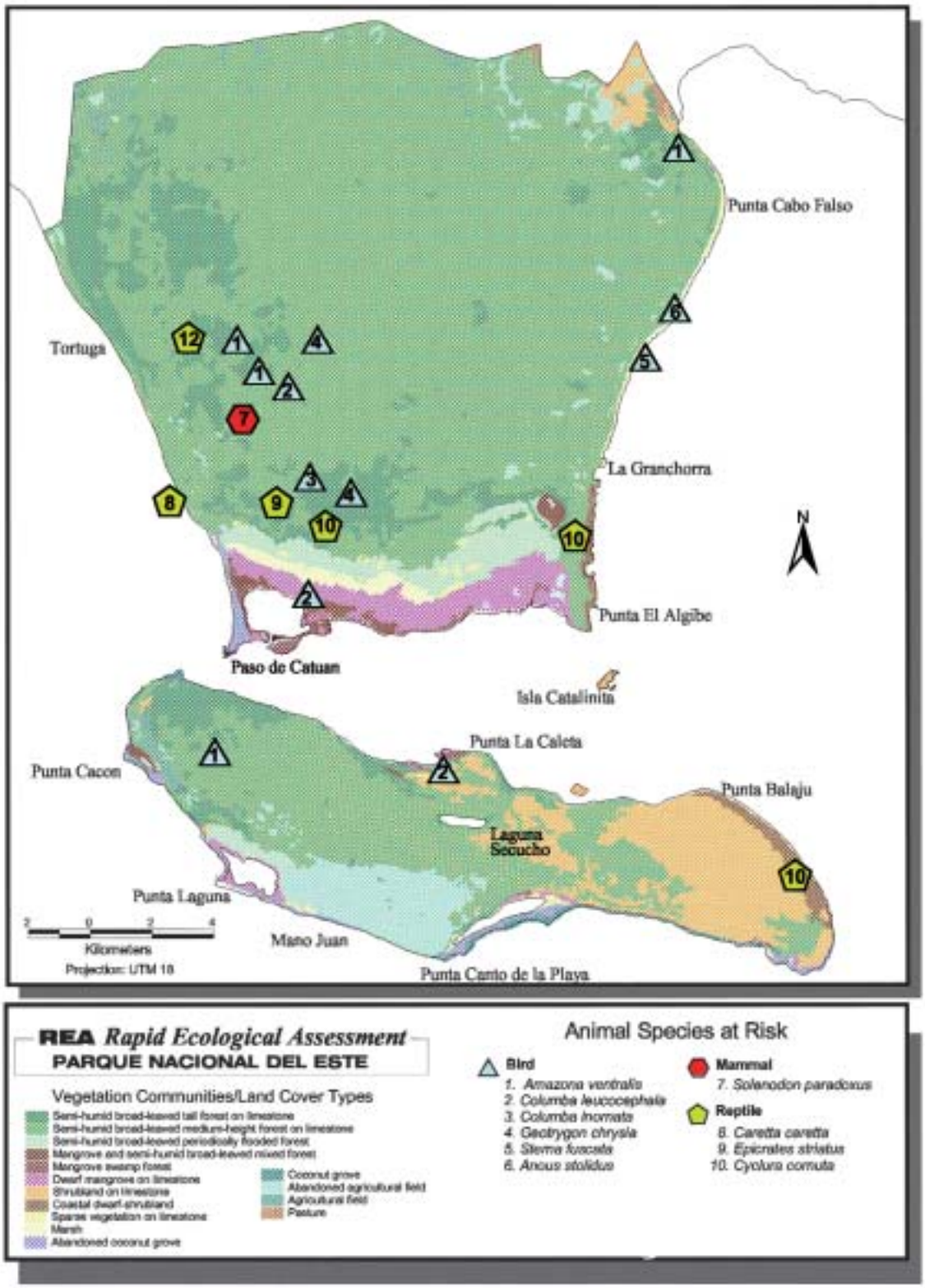
Mapa 7. Capas de SIG estándar para datos ambientales utilizadas en la EER del Parque Nacional del Este. Los datos temáticos para caminos, ríos, geología, altitud, etc. se digitalizan a partir de mapas existentes en papel. Estas capas SIG son excelentes fuentes de datos auxiliares para el diseño de estrategias de muestreo y para la clasificación y elaboración de mapas de comunidades vegetales.



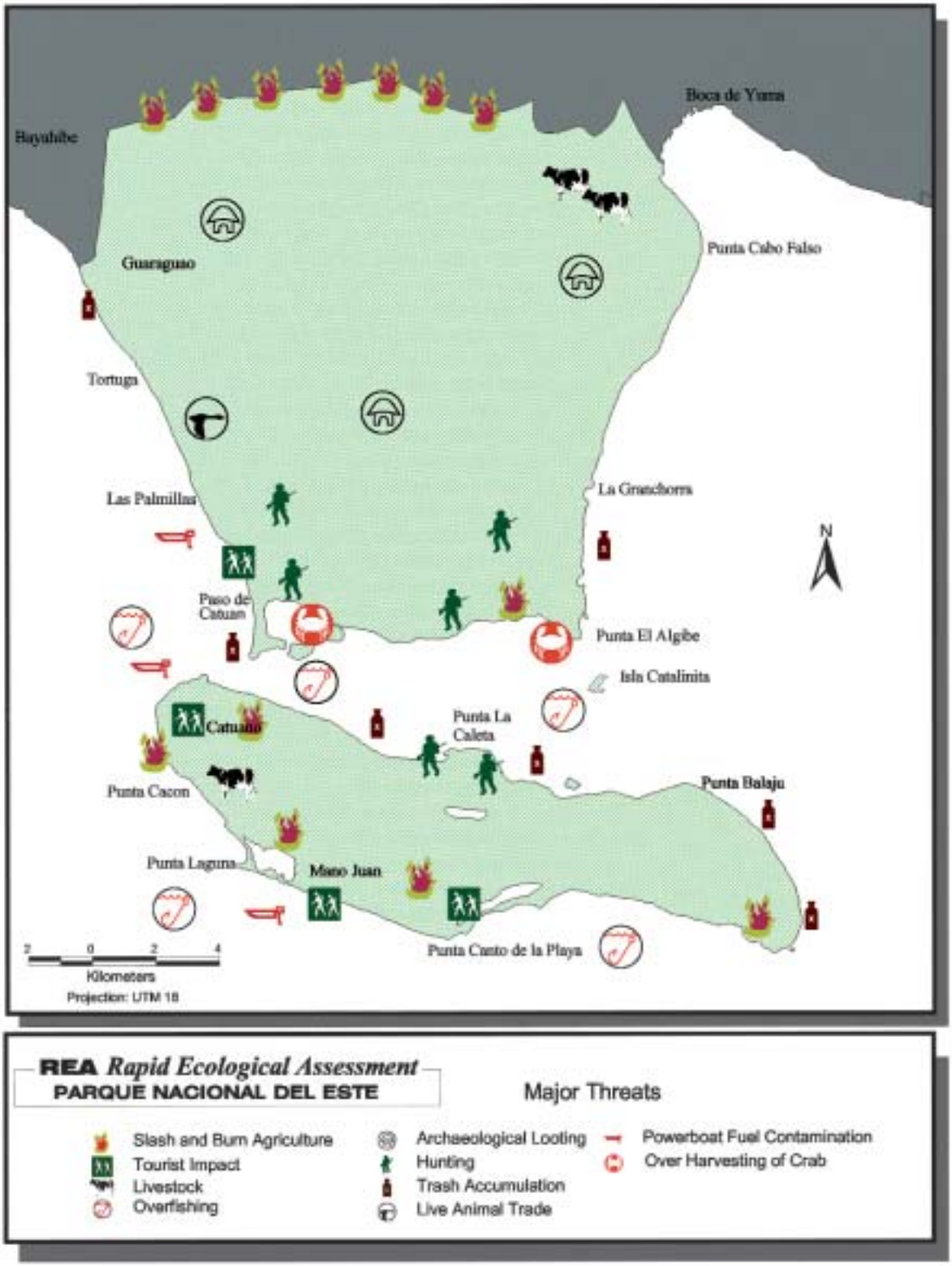
Mapa 8. Estratificación del área y selección de las localidades de muestreo. La estratificación puede emplearse por razones ecológicas o logísticas. En este caso los estratos de muestreo se eligieron por razones logísticas relacionadas con el acceso al lugar y cronología de las excursiones de muestreo. Las localidades de muestreo dentro de los estratos se escogieron para asegurar que se obtuvieran muestras réplica (por estrato) de todas las comunidades distintas determinadas durante la caracterización inicial del terreno.



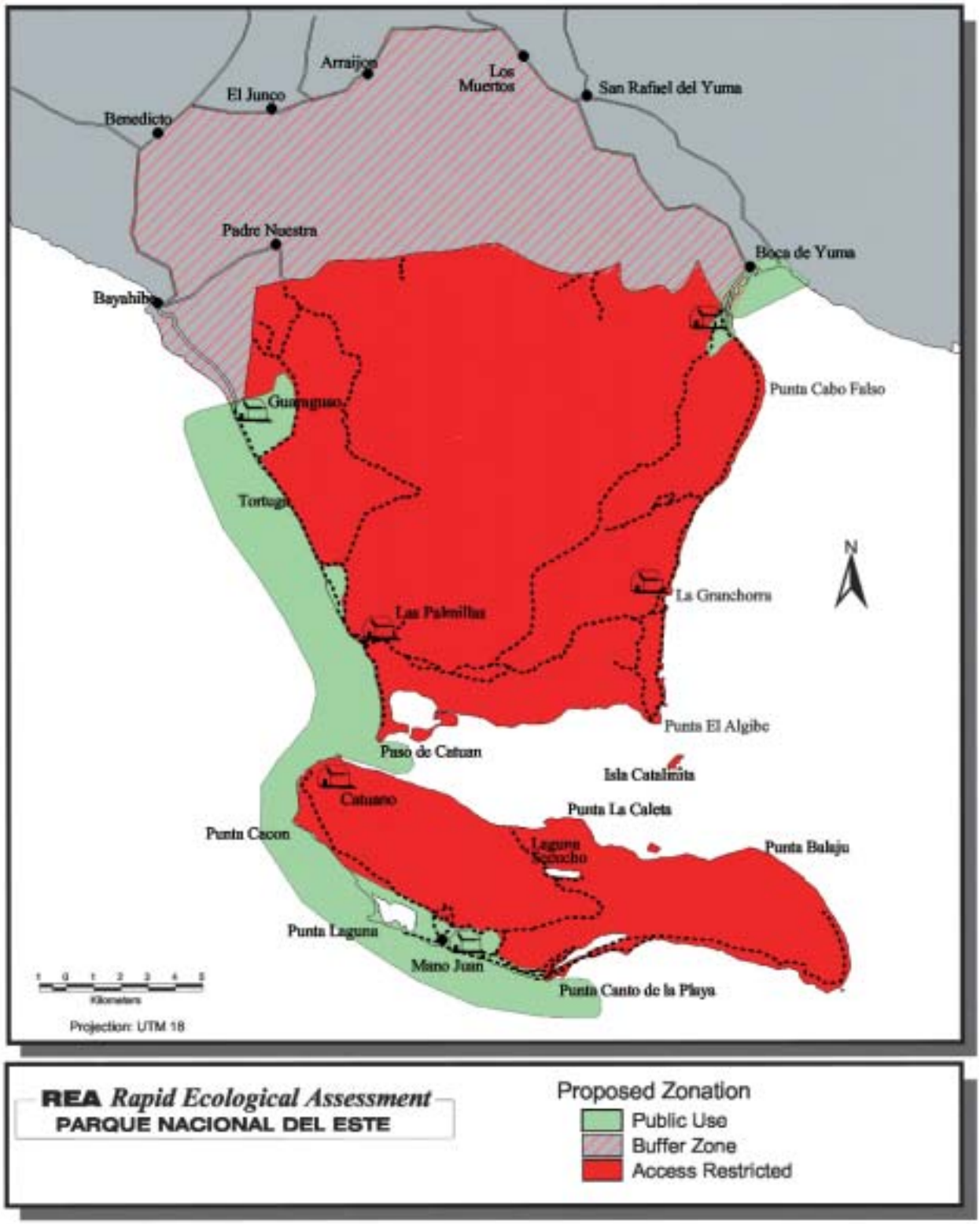
Mapa 9. Mapa final de comunidades vegetales después de la verificación de campo. Este mapa representa uno de los productos principales de la EER, ya que completa la caracterización de la biodiversidad a nivel del terreno y tiene uso inmediato para los planes de manejo para la conservación. En este caso se caracterizaron y trazaron en mapas diez comunidades vegetales, junto con cinco clases de cobertura con influencia humana.



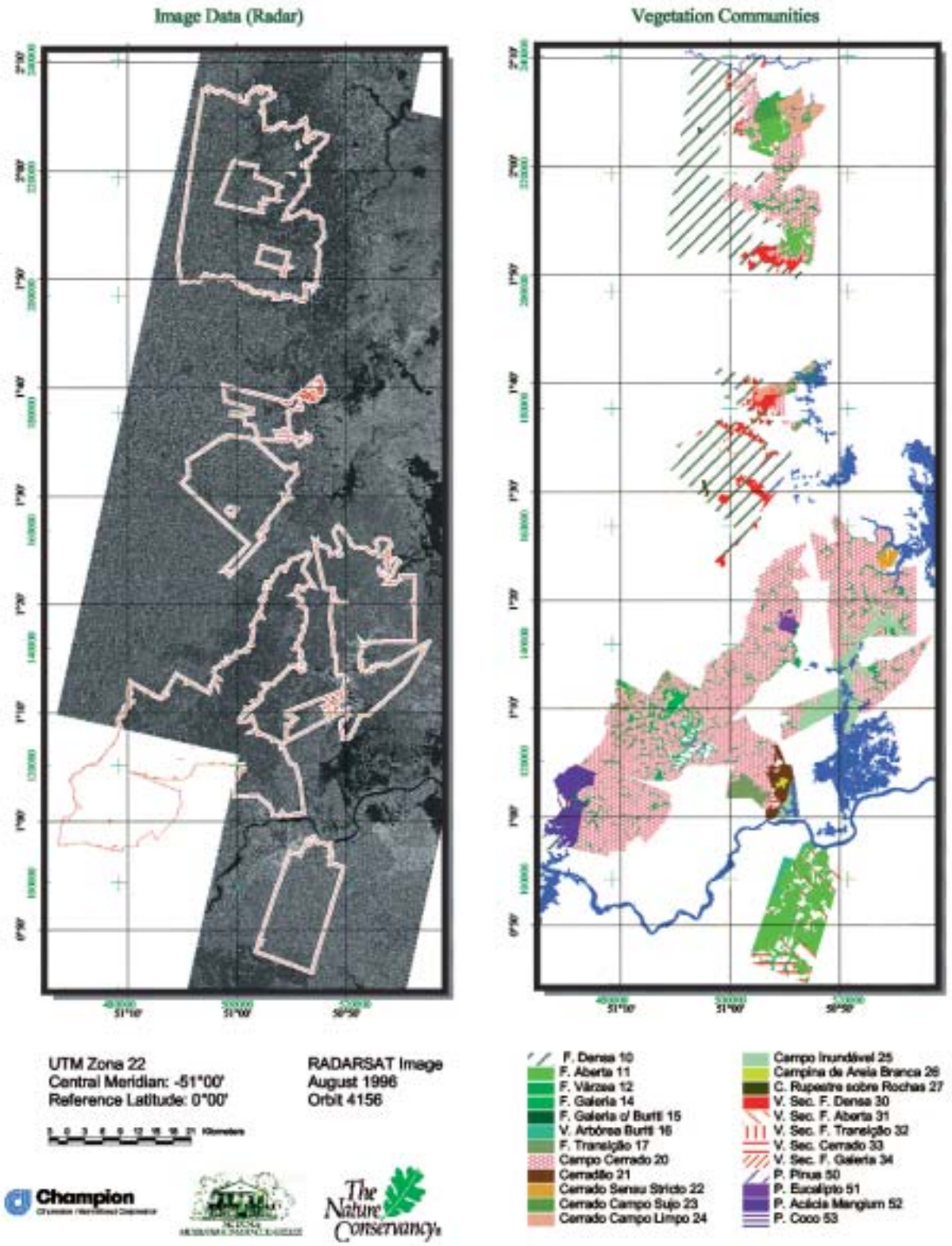
Mapa 10. Especies de animales en peligro. Este mapa muestra las comunidades vegetales en las cuales se encontraron especies en peligro durante la EER. Es posible que estas especies exhiban afinidad particular por estos hábitats, pero una EER típicamente no intenta definir afinidades por los hábitats.



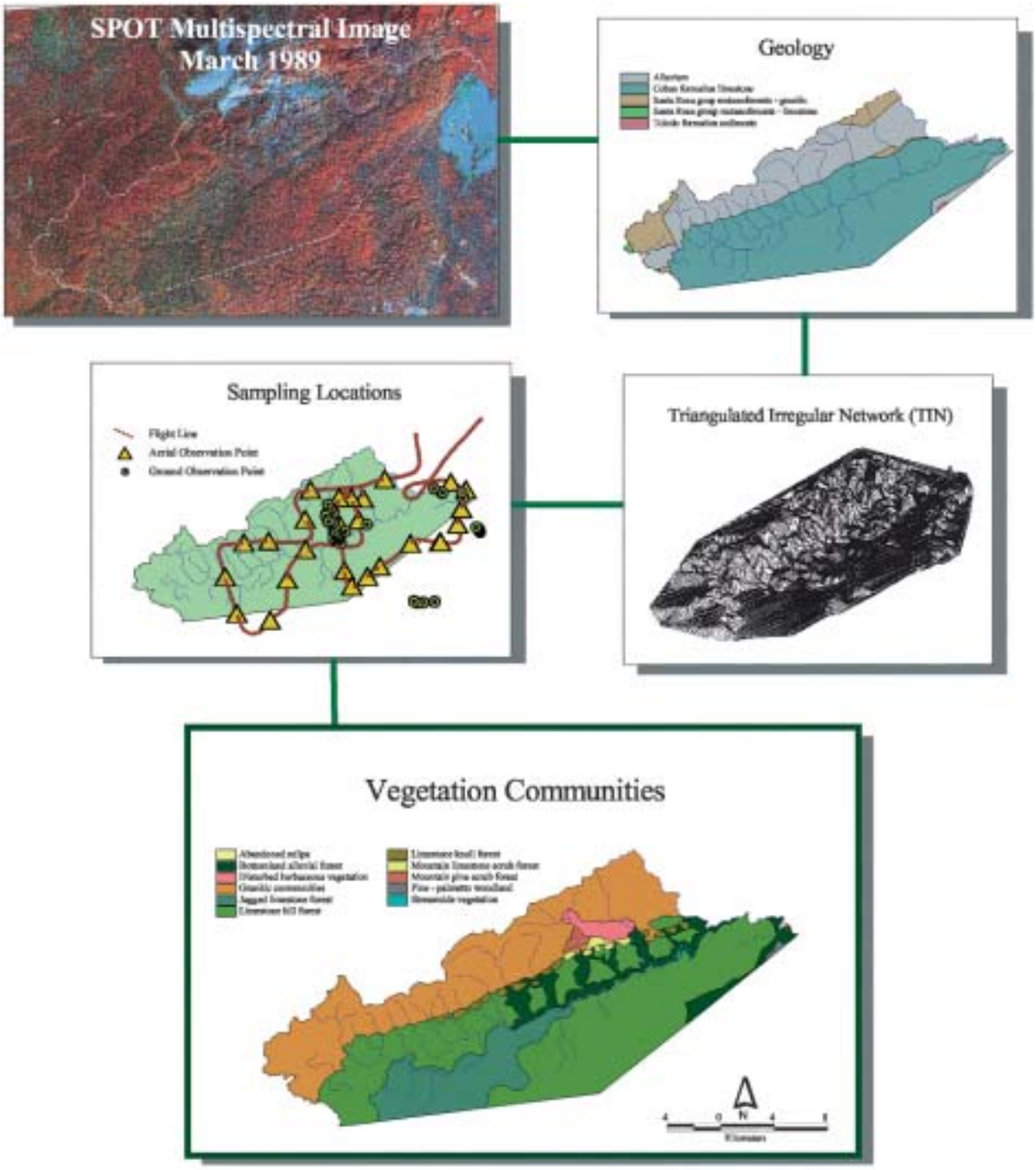
Mapa 11. Mayores amenazas a la biodiversidad del parque y las áreas en donde tales amenazas son más pronunciadas. Es difícil establecer una huella en el espacio causada por las amenazas; en la mayoría de las EER las amenazas son identificadas y en ocasiones, como aquí, simbolizadas cartográficamente, pero rara vez pueden delinearse en los mapas. Los mapas de amenazas en la EER constituyen un área de experimentación y crecimiento.



Mapa 12. Esquema de zonificación propuesto para el manejo del parque orientado a la conservación. La propuesta para una nueva o mejor zonificación del área de estudio es un resultado común del proceso de la EER.

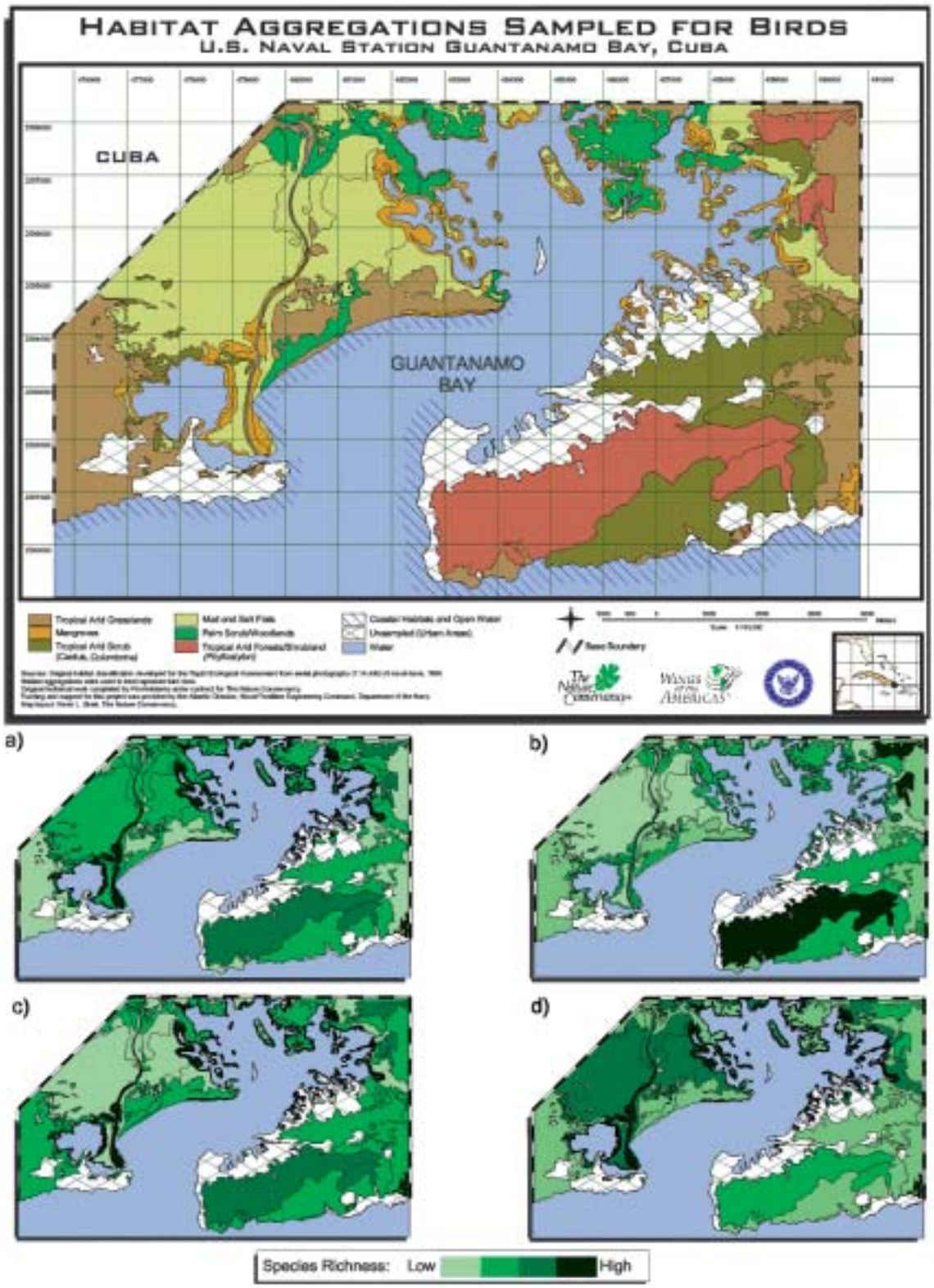


Mapa 13. Mapa de la fuente de datos de imagen y mapa final de comunidades vegetales de una EER en tierras de la Champion International Corporation en el estado Amapá, Brasil. Se utilizaron imágenes de radar para el proceso de caracterización del terreno porque no existían imágenes ópticas libres de nubes. Esta EER se realizó para determinar la importancia biológica de estas tierras como ayuda en la planificación de un proyecto de plantación forestal.

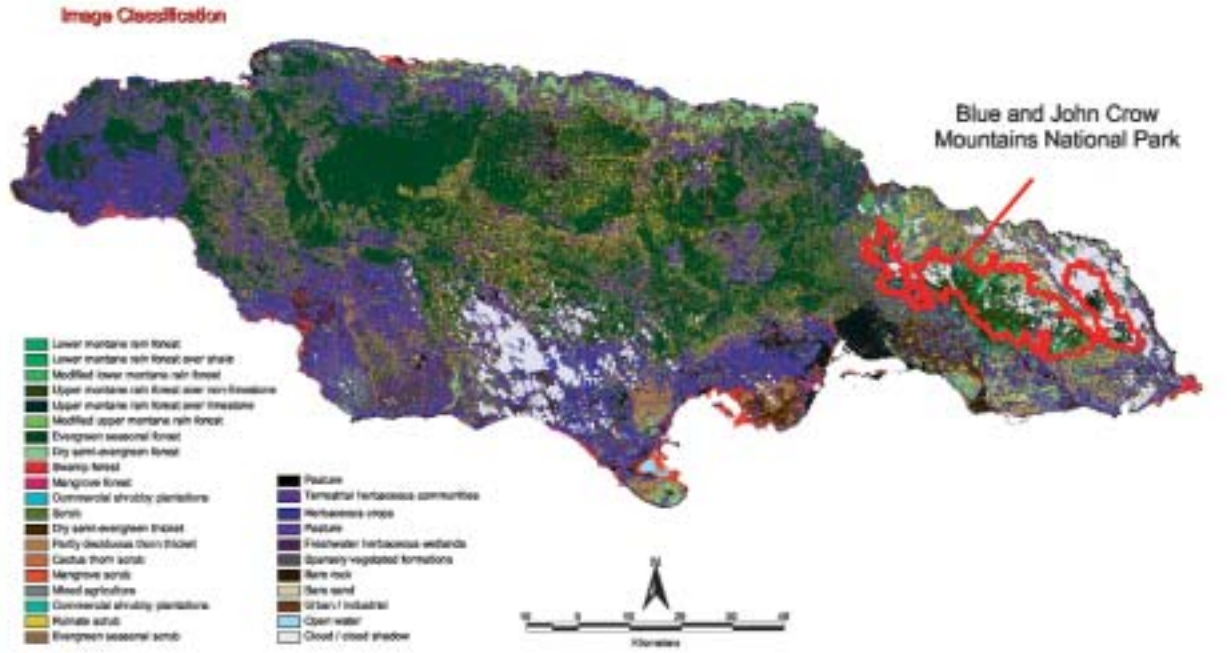


Map 14. Maps characterizing the Bladen Nature Reserve, Belize. Spot multispectral imagery was used as the data source for this REA. A geology data layer and map were developed, as was a data layer of elevation contours that was

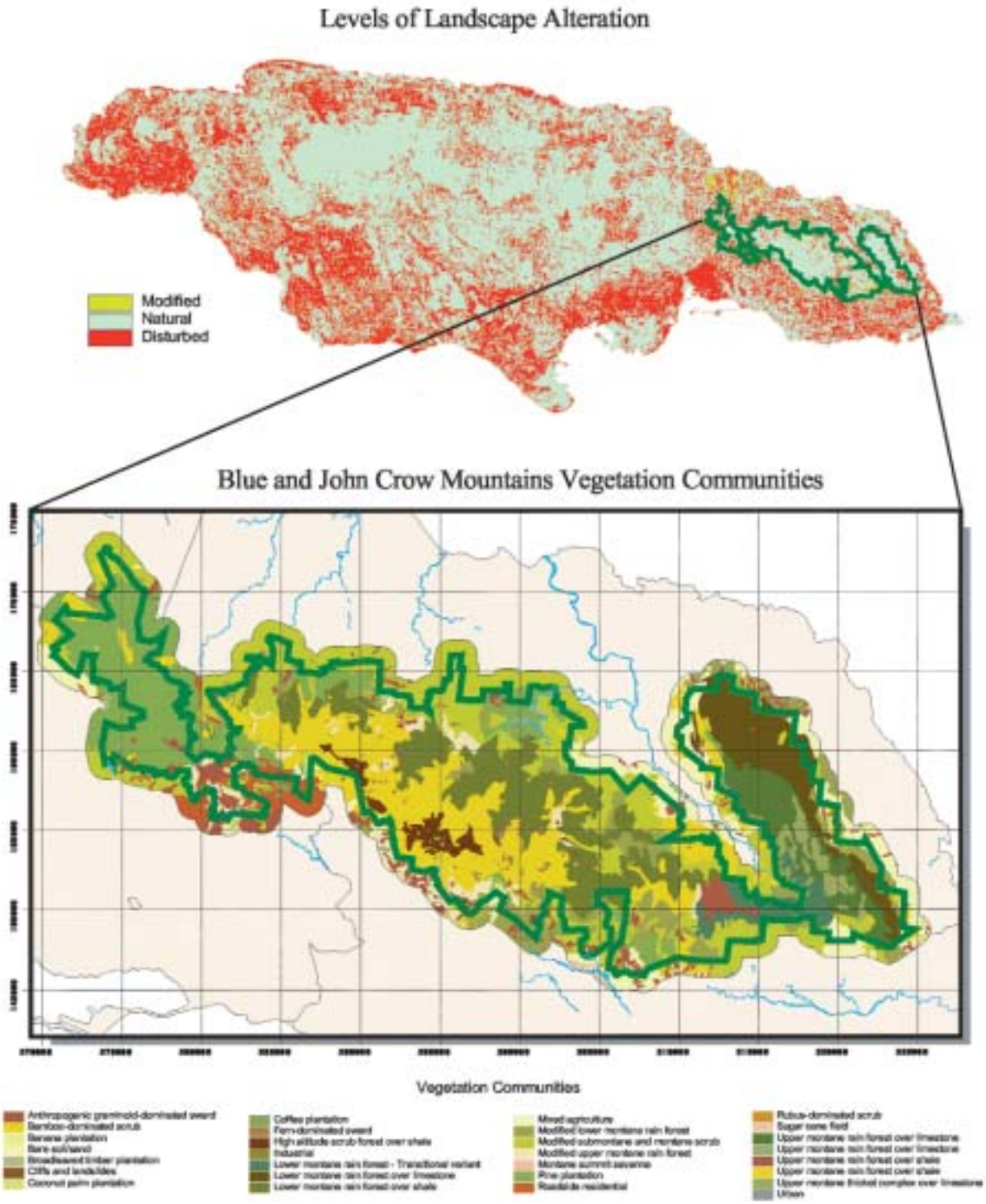
Mapa 14. Mapas que caracterizan la Reserva Natural Bladen, Belice. Se usaron imágenes SPOT multiespectrales como fuentes de datos para esta EER. Se desarrollaron una capa y mapa de datos geológicos, así como una capa de contornos altitudinales, la cual se transformó a una representación casi tridimensional de la topografía (TIN). El mapa de muestreo detalla las ubicaciones donde se realizaron reconocimientos aéreos y muestreos de campo para apoyar el desarrollo del mapa final de comunidades vegetales.



Mapa 15. EER de la Estación Naval de los Estados Unidos en la Bahía de Guantánamo, Cuba: agregaciones de hábitats para las aves. La riqueza de especies de aves en los hábitats se presenta para (a) todas las especies, (b) las especies de interés para la conservación, (c) residentes todo el año y (d) aves migratorias.



Mapa 16. Imágenes Landsat interpretadas durante una EER de la isla completa de Jamaica para desarrollar un mapa de comunidades vegetales a escala nacional. A esta EER de escala regional le siguió una a nivel de área en el Parque Nacional Blue and John Crow Mountains (ver mapa siguiente).



Mapa 17. La EER de la isla completa de Jamaica identificó varias zonas prioritarias para la biodiversidad, una de las cuales (el Parque Nacional Blue and John Crow Mountains) se convirtió en el enfoque de una EER subsiguiente a nivel de área. Para esta EER se adquirieron e interpretaron fotografías aéreas, dando como resultado un mapa del Parque con comunidades vegetales que representaba un subconjunto y un refinamiento de las unidades de vegetación a escala nacional.

Acerca de los autores

Shirley Keel obtuvo su Doctorado en la City University of New York. Estudió ecología vegetal en la Emory University y taxonomía botánica en el New York Botanical Garden. Ella ha trabajado como asesora técnica para los Centros de Datos para la Conservación de Perú y Paraguay y subsiguientemente como Botánico en Jefe para la Región de América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy. La doctora Keel estableció la base de datos botánicos sobre América Latina de The Nature Conservancy y ayudó a desarrollar la metodología para las evaluaciones ecológicas rápidas. Ha participado en más de una docena de proyectos EER desde 1988, incluyendo un proyecto en desarrollo en China. Sus actuales intereses son la fitogeografía de especies endémicas raras, plantas económicas y sus parientes silvestres en áreas protegidas, así como los inventarios de vegetación que forman parte de las evaluaciones ecológicas rápidas patrocinadas por The Nature Conservancy.

Thomas Lovejoy fue la primera persona que usó el término *diversidad biológica* en 1980 y se le ha atribuido el papel de originador del concepto de "intercambios de deuda por naturaleza". Al Dr. Lovejoy generalmente se le reconoce por haber sacado a la luz el problema del bosque tropical como un tema de interés público y fue el fundador de las series de televisión *Nature*. Su tesis de doctorado (1971) introdujo en Brasil la técnica del bandeado e identificó patrones de estructura de comunidades en el primer estudio a largo plazo sobre aves del Amazonas. El ha servido como ejecutivo para World Wildlife Fund, Smithsonian Institution y el Banco Mundial y es miembro de numerosas mesas directivas y grupos de consultores científicos y ambientalistas.

Ellen Roca trabajó para The Nature Conservancy durante seis años, donde administró el programa de evaluación ecológica rápida de la Región para América Latina y el Caribe. La señora Roca participó en las EER efectuadas en diez países de América Latina, donde se enfocó al desarrollo, diseño y administración de proyectos, así como a la capacitación y apoyo técnico para las EER. Ella reside actualmente en Delaware, trabajando como consultora privada para proyectos de evaluación rápida.

Roberto L. Roca fue el subdirector del programa Alas de las Américas de The Nature Conservancy. Originario de Venezuela, obtuvo el grado de Doctor en Biología en la State University of New York. El Dr. Roca es un especialista en conservación biológica y ornitología. Entre 1996 y 1999 él enfocó sus esfuerzos al desarrollo de estrategias de conservación e iniciativas para la protección de las aves en peligro de las Américas. Anteriormente ayudó a que la Región para América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy refinara las metodologías de evaluación ecológica rápida y jugó un papel clave en la conservación de especies animales en América Latina. Sus publicaciones incluyen varios artículos y dos libros en la rama de ecología de aves y conservación de áreas protegidas.

Roger Sayre es el director del Departamento de Ciencias para la Conservación del Programa Internacional de The Nature Conservancy, que comprende programas de evaluación ecológica rápida, planificación ecorregional y a nivel de zona, ecología de zonas extensas, zoología, botánica, información sobre biodiversidad, conservación a nivel comunitario y elaboración de mapas para la conservación. El ha participado en cerca de dos docenas de EER. Tiene el grado de Doctor en Recursos Naturales de Cornell University y se especializa en tecnologías y métodos cartográficos para la conservación. El Dr. Sayre tiene también una Maestría en Ciencias de los Recursos Forestales obtenida en la Pennsylvania State University. Actualmente está desarrollando métodos para producir mapas de portafolios nacionales de áreas críticas para la conservación. Tiene más de quince años de experiencia en iniciativas internacionales de conservación y desarrollo sustentable y ha publicado varios artículos y capítulos de libros sobre evaluaciones ecológicas rápidas, análisis de brechas (*GAP analyses*) y determinación de prioridades de biodiversidad.

Tamara R. Sayre es una artista profesional especializada en vida silvestre, diseño gráfico y enseñanza. Vive en Estados Unidos con su esposo, un biólogo investigador, y sus dos hijos, en Fort Collins, Colorado.

Gina Sedaghatkish fue la especialista en evaluaciones ecológicas rápidas del Departamento de Ciencias para la Conservación de la Región para América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy. La señora Sedaghatkish es autora del libro Fuente (*Source Book*) para la Evaluación Ecológica Rápida publicado por The Nature Conservancy y coautora de otras publicaciones sobre temas de conservación. Fue coeditora de *Cracidae: Their Biology and Conservation*. Tiene una Maestría en Ciencias del desarrollo sustentable y biología de la conservación de la University of Maryland en College Park, Maryland.

Stuart Sheppard trabaja como especialista en sistemas de información geográfica en el Departamento de Ciencias para la Conservación del Programa Internacional de The Nature Conservancy. Como miembro del Programa de Información Espacial, Stuart ha trabajado en el fortalecimiento de la capacidad institucional de grupos conservacionistas de América Latina y el Caribe en las áreas de información espacial, sensores remotos, sistemas de información geográfica y aplicaciones cartográficas para las EER llevadas a cabo en Belice, Brasil, Cuba y la República Dominicana.

Bruce Young fue el Zoólogo en Jefe de la Región para América Latina y el Caribe de The Nature Conservancy. Se especializó en inventarios y análisis de la fauna e investigó los enigmáticos decrecimientos de anfibios que ocurrían en una red de áreas protegidas de la región. Antes de trabajar para The Nature Conservancy él era el director de la Estación Biológica La Selva en Costa Rica. Ha participado en la planificación y realización de varias EER y en los talleres de planificación para una evaluación ecológica rápida a llevarse a cabo en el Río Plátano, Honduras. Tiene un Doctorado en Zoología de la University of Michigan y es autor de más de veinte artículos científicos.