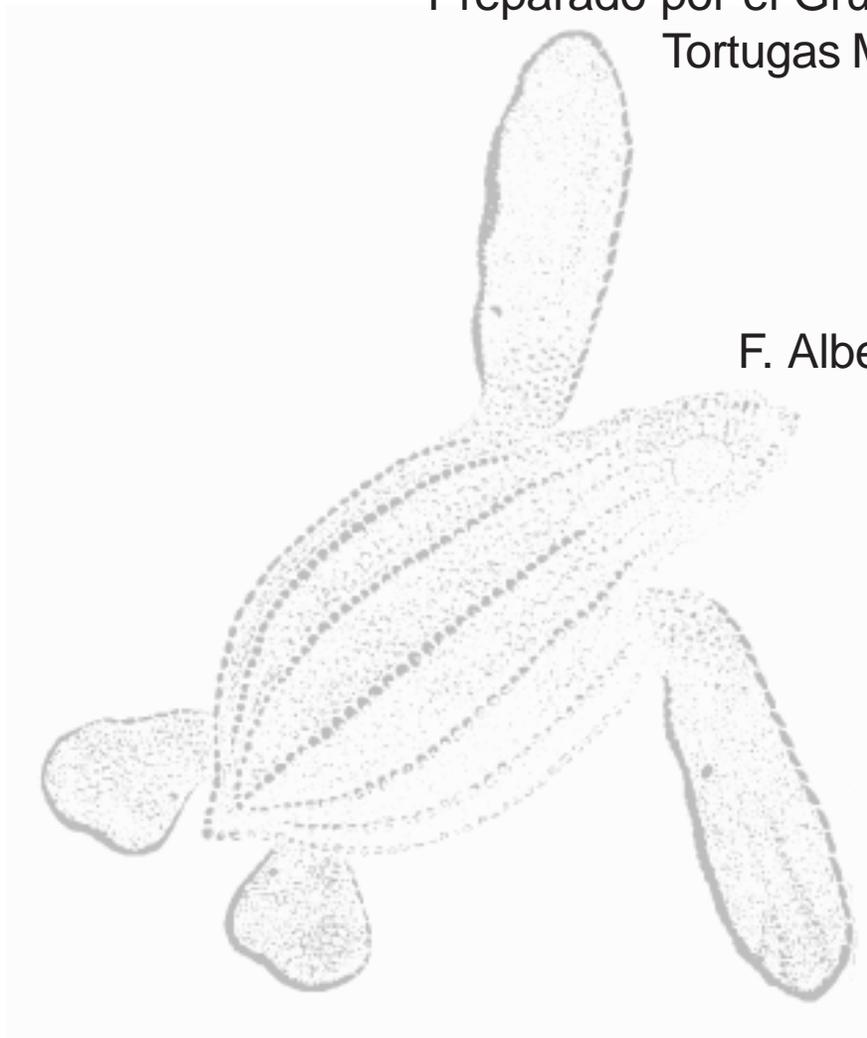


Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas

Preparado por el Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE

Editado por
Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu-Grobois
M. Donnelly

Traducido al español por
Raquel Briseño-Dueñas
F. Alberto Abreu-Grobois
con la colaboración de
Laura Sarti Martínez
Ana Barragán Rocha
Juan Carlos Cantú
Ma. del Carmen Jiménez
Jaime Peña



WWF



CMS



SSC



NOAA



MTSG



CMC

El desarrollo y publicación de *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* fué posible gracias al apoyo generoso de Center for Marine Conservation, Convention on Migratory Species, U.S. National Marine Fisheries Service y el Worldwide Fund for Nature.

©2000 SSC/IUCN Marine Turtle Specialist Group

La reproducción de esta publicación para fines educativos u otros propósitos no comerciales está autorizado sin permiso por el titular del derecho de autor, mientras que la fuente sea citada y que el titular reciba una copia del material reproducido.

La reproducción para fines comerciales está prohibida sin previa autorización del titular del derecho de autor.

ISBN (pendiente)

Impreso por Consolidated Graphic Communications, Blanchard, Pennsylvania USA

Material artístico para la cubierta, por Tom McFarland- Cría de tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*

La cita correcta para esta publicación es la siguiente: Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). 2000 (Traducción al español). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.

Para adquirir copias de esta publicación, por favor solicitarlas a:

Marydele Donnelly, MTSG Program Officer
IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group
1725 De Sales Street NW #600
Washington, DC 20036 USA
Tel: +1 (202) 857-1684
Fax: +1 (202) 872-0619
email: mdonnelly@dccmc.org

Presentación

En 1995 el Grupo Especialista en Tortugas Marinas (MTSG por sus siglas en inglés) publicó una *Estrategia Mundial para la Conservación de Tortugas Marinas*. En ella, se definen lineamientos sobre los cuales se deben encauzar los esfuerzos para recuperar y conservar a poblaciones de tortugas marinas reducidas drásticamente o en proceso de declinación, en todo el ámbito de su distribución global. Como elementos singulares en la estructura funcional de ecosistemas complejos, las tortugas marinas sostienen una relación importante con hábitats costeros y oceánicos. Por ejemplo, contribuyen a la salud y el mantenimiento de los arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, estuarios y playas arenosas. La *Estrategia* respalda programas integrales orientados a prevenir la extinción de las especies y promueve la recuperación y el sostenimiento de poblaciones saludables de tortugas marinas que realizan eficientemente sus funciones ecológicas.

Las tortugas marinas y los humanos han estado vinculados desde los tiempos en que el hombre se estableció en las costas e inició sus recorridos por los océanos. Por innumerables generaciones, las comunidades costeras han dependido de las tortugas marinas y sus huevos para la obtención de proteínas y otros productos. En muchas regiones, esta práctica aún continúa. Sin embargo, durante el transcurso del siglo XX, el incremento en la comercialización intensiva de los productos de tortuga marina ha diezmando muchas poblaciones. Debido al complejo ciclo de vida de las tortugas marinas -en este proceso los individuos migran entre varios hábitats que pueden incluir la travesía de toda una cuenca oceánica- para su conservación, se requiere de una planeación del manejo con un enfoque de cooperación internacional, que reconozca la interconexión entre hábitats, de poblaciones de tortugas marinas y de poblaciones humanas, en tanto que se aplique el mejor conocimiento científico disponible.

A la fecha, nuestro éxito para llevar a cabo cualquiera de ambas tareas ha sido mínimo. Las especies de tortugas marinas están catalogadas como “En peligro crítico”, “En peligro” o “Vulnerable” por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). La mayoría de las poblaciones han disminuido inexorablemente como secuela de las prácticas de extracción no sustentables para el aprovechamiento de su carne, concha, aceite, pieles y huevos. Decenas de miles

de tortugas mueren cada año al ser capturadas accidentalmente en artes de pesca activas o abandonadas. Asimismo, muchas áreas de anidación y alimentación han quedado inhabilitadas o presentan un franco deterioro, por los derrames de petróleo, acumulación de desechos químicos, plásticos no-degradables y otros desechos antropogénicos; aunado a los desarrollos costeros de alto impacto y, al incremento del turismo y la diversificación de estas actividades tanto en la zona costera como en la oceánica.

Para reforzar la supervivencia de las tortugas marinas, es indispensable que en todos los países localizados en las áreas de distribución de estas especies, el personal que realice los trabajos de conservación en el campo, recurra a lineamientos estandarizados y a criterios apropiados. Las técnicas de conservación y manejo estandarizadas promueven la recopilación de datos comparables y hacen posible el compartir los resultados entre los países y regiones.

En tanto que este manual tiene el propósito de cubrir la necesidad de lineamientos y criterios normalizados, reconoce a la vez, que un sector creciente de interesados en el trabajo de campo y tomadores de decisiones requieren orientación sobre las siguientes interrogantes: ¿cuándo y por qué seleccionar una opción de manejo entre las disponibles? y ¿cómo instrumentar efectivamente la opción seleccionada y evaluar los logros obtenidos?

El Grupo Especialista en Tortugas Marinas de la UICN considera que un manejo apropiado no puede realizarse sin el soporte de una investigación de alta calidad enfocada, en la medida de lo posible, hacia temáticas críticas para la conservación. Nuestra intención es que este manual sea de provecho a los interesados en la protección y manejo de las tortugas marinas de todo el mundo. Reconociendo que los programas con mayores logros, combinan las técnicas de censo tradicionales con el manejo de bases de datos electrónicas y el análisis genético con telemetría satelital; tecnologías que apenas podrían ser vislumbradas por los conservacionistas de la generación anterior, dedicamos este manual a los conductores del manejo y conservación de los recursos naturales del siglo XXI, quienes enfrentarán los cada vez más complejos retos de una administración apropiada. Esperamos que encuentren en este manual un entrenamiento y asesoría útiles.

Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu Grobois
Marydele Donnelly
Editores

Agradecimientos

Congruente con el espíritu y estructura del Grupo Especialista en Tortugas Marinas de la Unión Mundial para la Naturaleza (MTSG/IUCN, por sus siglas en inglés), este manual es el resultado de los esfuerzos de colaboración de científicos y tomadores de decisiones situados alrededor del mundo. Los Editores estamos profundamente agradecidos por el apoyo y estímulo brindado por nuestros colegas así como por su buena disposición en compartir datos, experiencias y sabiduría. Tenemos una especial deuda con los autores y coautores - más de 60- que hicieron posible este manual, y con todos aquellos especialistas que participaron en el proceso de revisión crítica.

Las siguientes personas, con su revisión experta, contribuyeron sustancialmente a la obtención de la calidad final del manual: Ana Barragán (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México); Anna Bass (University of Florida, USA); Miriam Benabib (Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México); Alan Bolten (University of Florida, USA); Annette Broderick (University of Wales Swansea, UK); Deborah Crouse (Fish and Wildlife Service, USA); Andreas Demetropoulos (Ministry of Agriculture and Natural Resources, Cyprus); Peter Dutton (National Marine Fisheries Service, USA); Scott Eckert (Hubbs-Sea World Research Institute, USA); Nat Frazer (University of Florida, USA); Jack Frazier (CINVESTAV, México); Marc Girondot (Université Paris 7-Denis Diderot, France); Brendan Godley (University of Wales Swansea, U.K.); Hedelvy Guada (WIDECAS, Venezuela); Julia Horrocks (University of the West Indies, Barbados); George Hughes (KwaZulu-Natal Nature Conservation Service, South Africa); Naoki Kamezaki (Sea Turtle Association of Japan); Rhema Kerr (Hope Zoological Gardens, Jamaica); Jeffrey Miller (Queensland Department of Environment and Heritage, Australia); Jeanne Mortimer (Conservation and National Parks, Republic of the Seychelles); Wallace J. Nichols (University of Arizona, USA); Joel Palma (World Wildlife

Fund-Philippines); Claude Pieau (Institut Jacques Monod, Paris, France); Henk Reichart (STINASU, Suriname); Rodney Salm (IUCN, Eastern Africa Regional Office); Laura Sarti M. (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México); Barbara Schroeder (National Marine Fisheries Service, USA); Jeffrey Sybesma (Faculty of Law, University of the Netherlands Antilles); Robert van Dam (Institute for Systematics and Population Biology, The Netherlands); Alessandra Vanzella-Khoury (United Nations Environment Programme, Jamaica); and Jeanette Wyneken (Florida Atlantic University, USA).

También, hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento a Tom McFarland («Tom's Turtles») por su contribución artística. Su esmero por la precisión garantiza a los lectores de este manual un acceso a ilustraciones claras y exactas. Sus preciosos dibujos mejoran también la perspectiva de supervivencia de las tortugas marinas de una manera real, ya que una acción efectiva de conservación depende de datos verídicos, incluyendo una correcta identificación de las especies.

El manual no podría haberse realizado sin el apoyo financiero del Centro para la Conservación Marina (CMC), la Convención para Especies Migratorias (CMS), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de EUA (NMFS) y la Unidad de Investigación Cooperativa de Pesquería y Vida Silvestre de Florida (USGS, Department of the Interior, Research Work Order 172).

Deborah White Smith diseñó el estilo del manual y transformó docenas de capítulos individuales a un formato coherente. La traducción al español estuvo a cargo de Raquel Briseño Dueñas y F. Alberto Abreu-Grobois, con la participación de Ana Barragán, Juan Carlos Cantú, María del Carmen Jiménez Quiroz, Jaime Peña y Laura Sarti.

En suma, el proyecto resultó beneficiado con los talentos de más de 100 personas de todo el mundo.

¡A todos, nuestro más sincero agradecimiento!

Karen L. Eckert
Karen A. Bjorndal
F. Alberto Abreu Grobois
Marydele Donnelly
Editores

Tabla de Contenido

1. Generalidades

Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas	3
<i>A. B. Meylan y P. A. Meylan</i>	
Diseño de un Programa de Conservación	6
<i>K. L. Eckert</i>	
Prioridades para los Estudios sobre la Biología de la Reproducción y de la Anidación	9
<i>J. I. Richardson</i>	
Prioridades para la Investigación en Hábitats de Alimentación	13
<i>K. A. Bjorndal</i>	
Conservación Basada en la Comunidad	16
<i>J. G. Frazier</i>	

2. Taxonomía e Identificación de Especies

Taxonomía, Morfología Externa e Identificación de las Especies	23
<i>P. C. H. Pritchard y J.A. Mortimer</i>	

3. Evaluación de Poblaciones y de Hábitats

Estudios de Hábitat	45
<i>C. E. Diez y J. A. Ottenwalder</i>	
Prospecciones Poblacionales (Terrestres y Aéreas) en Playas de Anidación	51
<i>B. Schroeder y S. Murphy</i>	
Estudios de Poblaciones en Playas de Arribadas	64
<i>R. A. Valverde y C. E. Gates</i>	
Estudios en Hábitats de Alimentación: Captura y Manejo de Tortugas	70
<i>L. M. Ehrhart y L. H. Ogren</i>	
Estudios Aéreos en Hábitats de Alimentación	75
<i>T. A. Henwood y S. P. Epperly</i>	
Estimación del Tamaño de la Población	78
<i>T. Gerrodette y B. L. Taylor</i>	
Identificación de Poblaciones	83
<i>N. FitzSimmons, C. Moritz y B. W. Bowen</i>	

4. Metodologías y Procedimientos para la Colecta de Datos

Definición del Inicio: La Importancia del Diseño Experimental	95
<i>J. D. Congdon y A. E. Dunham</i>	
Sistemas de Adquisición de Datos para el Seguimiento del Comportamiento y la Fisiología de las Tortugas Marinas	101
<i>S. A. Eckert</i>	
Bases de Datos	108
<i>R. Briseño-Dueñas y F. A. Abreu-Grobois</i>	
Factores a Considerar en el Mercado de Tortugas Marinas	116
<i>G. H. Balazs</i>	
Técnicas para la Medición de Tortugas Marinas	126
<i>A. B. Bolten</i>	
Periodicidad en la Anidación y el Comportamiento entre Anidaciones	132
<i>J. Alvarado y T. M. Murphy</i>	
Ciclos Reproductivos y Endocrinología	137
<i>D. Wm. Owens</i>	
Determinación del Tamaño de la Nidada y el Éxito de la Eclosión	143
<i>J. D. Miller</i>	
Determinación del Sexo en Crías	150
<i>H. Merchant Larios</i>	
Estimación de la Proporción Sexual en Playas de Anidación	156
<i>M. Godfrey y N. Mrosovsky</i>	
Determinación del Sexo de Tortugas Marinas en Hábitats de Alimentación	160
<i>T. Wibbels</i>	
Muestreo y Análisis de los Componentes de la Dieta	165
<i>G. A. Forbes</i>	
Medición del Crecimiento en Tortugas Marinas	171
<i>R. P. van Dam</i>	
Redes de Recuperación y Monitoreo de Tortugas Varadas	174
<i>D. J. Shaver and W. G. Teas</i>	
Entrevistas y Encuestas en Mercados	178
<i>C. Tambiah</i>	

5. Reducción de Amenazas

Reducción de las Amenazas a las Tortugas	187
<i>M. A. G. Marcovaldi y C. A. Thomé</i>	
Reducción de las Amenazas a los Huevos y las Crías: Protección <i>In Situ</i>	192
<i>R. H. Boulon, Jr.</i>	

Reducción de las Amenazas a los Huevos y a las Crías: Los Viveros	199
<i>J. A. Mortimer</i>	
Reducción de las Amenazas al Hábitat de Anidación	204
<i>B. E. Witherington</i>	
Reducción de las Amenazas a los Hábitats de Alimentación	211
<i>J. Gibson y G. Smith</i>	
Reducción de la Captura Incidental en Pesquerías	217
<i>C. A. Oravetz</i>	
6. Crianza, Cuidado Veterinario y Necropsia	
La Crianza y Reproducción en Cautiverio de Tortugas Marinas: Una Evaluación de su Uso como Estrategia de Conservación	225
<i>J. P. Ross</i>	
Rehabilitación de Tortugas Marinas	232
<i>M. Walsh</i>	
Enfermedades Infecciosas en Tortugas Marinas	239
<i>L. H. Herbst</i>	
Toma de Muestras de Tejidos y Técnicas para la Necropsia	246
<i>E. R. Jacobson</i>	
7. Legislación e Instrumentación	
Grupos de Interés de las Bases y Legislación Nacional	252
<i>H. A. Reichart</i>	
Colaboración Regional	256
<i>R. B. Trono y R. V. Salm</i>	
Tratados Internacionales de Conservación	260
<i>D. Hykle</i>	
Aspectos Forenses	265
<i>A. A. Colbert, C. M. Woodley, G. T. Seaborn, M. K. Moore and S. B. Galloway</i>	

Definición del Inicio: La Importancia del Diseño Experimental

Justin D. Congdon

Savannah River Ecology Lab, P. O. Drawer E, Aiken, South Carolina 29802 USA; Tel: +1 (803) 725-5341; Fax: +1 (803) 725-3309; email: congdon@srel.edu

Arthur E. Dunham

Department of Biology, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104 USA; Tel: +1 (215) 898-4117; Fax: +1 (215) 898-8780; email: adunham@sas.upenn.edu

**Proverbio: "El éxito es como una tortuga escalando una montaña
El fracaso es como agua fluyendo colina abajo."**

Introducción

La probabilidad de éxito de un proyecto de investigación aumenta significativamente cuando el "inicio" está correctamente definido como una enunciación precisa de las metas y la justificación. Habiendo logrado esto, los pasos secuenciales necesarios para escribir el plan de investigación y luego ejecutar exitosamente el proyecto son más fáciles de identificar y organizar. Por lo tanto, el mensaje de este capítulo es: para cuando el trabajo de laboratorio esté preparado o el primer dato sea colectado en el campo, ya se debe haber invertido un esfuerzo sustancial en la estructura conceptual y logística del proyecto. Este capítulo discute los pasos que deben dar por resultado un plan de investigación bien diseñado e integrado.

Un diseño de investigación consiste de dos áreas generales: conceptos y contexto de la investigación (Tabla 1) y la logística de la investigación (Tabla 2). Qué tan bien está planeado un proyecto y cómo se integran los pasos en el diseño puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso. El proceso de escribir un plan de investigación debe iniciar tan pronto como sea posible dentro del desarrollo de las ideas de la investigación. Para ayuda sobre el proceso de escribir el plan y propuesta de la investigación, ver Reis-Lehrer (1995).

Tabla 1. Bosquejo para las secciones de "conceptos" y "contexto" de un plan de investigación.

1. Búsqueda de literatura
 - a. Familiarizarse con la literatura para identificar un problema de investigación y para explorar las áreas de la biología que puedan impactar el diseño de la investigación.
 - b. Explorar vías que promuevan la integración del estudio dentro de disciplinas biológicas más amplias y formas de colectar, analizar y presentar sus datos de tal forma que sean útiles a otros (p. ej., para comparaciones entre poblaciones, o para utilizarse en modelos).
2. Presentar el problema cuidadosa y claramente en forma de preguntas concisas o como hipótesis nulas o de trabajo.
3. Realizar una lista de escenarios posibles relacionados con las preguntas de su investigación y entonces jerarquizar los más probables.
4. Discutir todos los aspectos de la propuesta de la investigación conforme se van desarrollando con colegas. Los investigadores que trabajan en el mismo campo o en áreas relacionadas son fuentes importantes de información.
5. Escribir una propuesta de investigación detallada.

Tabla 2. Bosquejo para la sección sobre "logística" en un proyecto de investigación.

1. Identificar la información que debe ser recabada y como debe ser colectada.
 - a. Desarrollar un diseño logístico y de control de calidad para la colecta, procesamiento y almacenaje de los datos, incluyendo quien podría ser el responsable para cada procedimiento.
 - b. Diseñar hojas de datos que guíen a los colaboradores en la toma de datos para cada parámetro. Las hojas de datos deben de diseñarse manteniendo en mente el registro de datos, la captura o transferencia a archivos computarizados, así como la edición y análisis a partir de los datos.
 - c. Antes de la toma de datos, repase cuidadosamente el mayor número de técnicas y procedimientos como sea posible para detectar problemas con los protocolos y el equipo.
 - d. Revisar los datos recientes para localizar errores recurrentes; una revisión frecuente puede revelar patrones insospechados que, si se identifican y se actúa rápidamente da oportunidad de mejorar el protocolo o dirección de la investigación.
2. Hablar con otros investigadores que trabajen actualmente con estudios similares acerca de la logística del protocolo de investigación, control de calidad y tipos de análisis de datos.
3. Tan pronto como sea posible después de la colecta de datos, los datos deben capturarse en archivos de computadora y ser revisados para detectar problemas asociados con las hojas de datos, registro y captura de los datos, y con los archivos de cómputo.
4. Adquirir los suministros necesarios con suficiente anticipación de manera razonable y conforme los fondos estén disponibles.
5. Prever lo inesperado (fallas de equipo, accidentes, enfermedades, cambios climáticos inusuales).

Marco Teórico y Contexto

La Literatura

La calidad final y éxito de la investigación son frecuentemente un reflejo del tiempo y esfuerzo invertido en desarrollar las ideas y conceptos de la investigación, una etapa de planeación que incluye familiarizarse con la literatura. Debido a que la probabilidad de que una idea a investigar pueda surgir sin ningún antecedente es pequeña, la probabilidad de generar una buena idea a investigar es más alta para un investigador con experiencia y conocimiento de la literatura que para un novato.

La meta inmediata de una revisión bibliográfica es determinar si la idea a investigar vale la pena (la investigación podría estar ya realizada, o publicaciones nuevas pueden haber revelado problemas con la investigación). Una segunda meta es maximizar la utilidad de los resultados de la investigación integrándolos dentro de tópicos específicos de investigación (p. ej., los resultados de otros que trabajen en la misma área) y dentro de tópicos y disciplinas más generales de la biología (p. ej., historia de vida, esfuerzo reproductivo, inversión parental, selección por parentesco, conservación).

Establecer un proyecto de investigación específico en un contexto amplio requiere cierta familiaridad con (1) literatura externa de un tópico de investigación específico, (2) conocimiento de proyectos actuales de otros investigadores y (3) una perspectiva histórica de la problemática siendo abordada por la investigación y así como tópicos generales. Las bibliotecas científicas de las universidades y bibliotecas personales son fuentes para la revisión de artículos, capítulos de libros sobre los tópicos y técnicas de investigación, así como artículos relacionados con los temas de interés. Para iniciar con una investigación sobre tortugas marinas, consulte la sección de *Publicaciones Recientes* del Noticiero de Tortugas Marinas.

Preguntas de la Investigación

Si la idea de investigación todavía parece viable después de la revisión bibliográfica, es tiempo para desarrollar las preguntas de la investigación o hipótesis a ser probadas. El proceso de desarrollo para estos detalles incrementan la probabilidad de hacer las preguntas correctas y, por lo tanto, coleccionar los datos apropiados. Ninguna cantidad de tiempo invertido, trabajo concentrado, o métodos estadísticos sofisticados pueden superar el daño causado por una pregunta estructurada pobremente. Debido a que las preguntas de investigación determinan el ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿cómo? son colectados los datos, estas preguntas representan un vínculo importante ente los aspectos conceptuales y logísticos de la planeación de un proyecto de investigación.

Un ejercicio *a priori* muy ilustrativo es hacer una lista de todas las posibles respuestas a preguntas específicas sobre la investigación (esta lista no debe estar influenciada por tendencias de ningún tipo que puedan ser esperadas por el investigador). De la lista de repuestas posibles, jerarquizar aquellas que parezcan ser las respuestas o resultados más

probables. Por definición, la lista de respuestas jerarquizadas debe ser más corta que la lista de respuestas posibles. La lista y la jerarquización deben mantenerse junto con el plan de investigación y entonces debería ser examinado para posibles sorpresas cuando el proyecto esté terminado.

Hipótesis

Las hipótesis específicas o preguntas de la investigación dependen del contexto del estudio. La evaluación de una hipótesis científica (una afirmación que pretende predecir como funciona algún fenómeno particular de la naturaleza), o el dar respuestas a alguna pregunta científica, casi siempre involucra evaluar por lo menos una, y frecuentemente varias, hipótesis estadísticas. Una hipótesis estadística es una afirmación que pretende predecir los parámetros de una (o más de una) distribución de probabilidad- por ejemplo, que las medias de dos distribuciones no son diferentes. Tanto el estudio experimental como el de observación deben ser diseñados con la prueba estadística definitiva en mente.

Las premisas claras sobre las preguntas estadísticas o hipótesis se deben hacer desde el principio en el proceso de planeación de la investigación y deben ser formuladas de manera que estén relacionadas con parámetros de poblaciones estadísticas bien definidas. Las poblaciones estadísticas deben ser la población muestreada ya que, de lo contrario, los métodos de inferencia estadística podrían no ser aplicables. Las consultas con los estadistas sobre el diseño experimental, colecta de datos y análisis estadísticos deben hacerse en el proceso de desarrollar el diseño de investigación. La consulta a estadísticos puede ser más provechosa si las preguntas de la investigación o hipótesis están claramente planteadas y si se hacen algunos esfuerzos previos para comprender el diseño experimental.

Tamaño de la Muestra

Un área que frecuentemente se descuida en el diseño de estudios ecológicos se refiere a la cantidad de datos por coleccionar. La colecta de datos frecuentemente es difícil, costosa, y puede involucrar inevitablemente muestreos destructivos de animales. La obtención de datos suficientes para aplicar pruebas de hipótesis estadísticas robustas frecuentemente puede estar en contraposición con consideraciones logísticas y éticas sobre la obtención de datos. En estos casos, es necesario que el tamaño de la muestra sea

suficientemente grande para poder obtener pruebas adecuadas de los efectos experimentales importantes, pero ellos no deben ser innecesariamente grandes. Fuentes excelentes para los detalles del diseño y protocolo del muestreo se pueden encontrar en Manly (1992), Sokal y Rohlf (1995), Winer (1971).

Poder Estadístico

La probabilidad de rechazar una hipótesis nula cuando ésta es falsa se denomina el “poder” de una prueba estadística, y el cálculo del tamaño de la muestra necesario para detectar efectos de una magnitud particular se llama análisis del poder. Si un descuido sobre el poder estadísticos resulta en un tamaño de muestra inadecuado, los intervalos de confianza de las estimaciones de los parámetros pueden ser demasiado amplios para proporcionar sustento a una conclusión que una hipótesis nula no fue rechazada.

Todos los programas de investigación deben incluir cálculos del poder de la prueba estadística o amplitud de los intervalos de confianza (o ambos) que resultarían del tamaño de muestra planeado. Los datos necesarios para estos cálculos (la variación esperada para un parámetro determinado) pueden no estar disponibles para el sistema que el investigador quiere estudiar. Estudios prospectivos o estimaciones basadas en estudios previos de sistemas similares pueden generar datos para un análisis de poder. Los detalles de cómo realizar un análisis de poder para varias pruebas estadísticas y diseños de muestreo son complejos y rebasan el alcance de este capítulo. Sin embargo, se pueden encontrar tratamientos detallados en muchos textos sobre diseño experimental (Winer, 1971; Montgomery, 1974; Manly, 1992; Sokal y Rohlf, 1995).

Desarrollo del Plan de Investigación

Dos pasos se deben llevar al cabo en el desarrollo tanto del área conceptual como de logística en el plan de investigación. Primero, se deben realizar conversaciones informales con colegas. Cada colega podría dar puntos de vista diferentes sobre los propósitos de la investigación que mejoren las preguntas de la investigación y generen nuevas. Además, muchos problemas logísticos que pueden obstaculizar un nuevo programa de investigación ya han sido experimentados y solucionados por otros. Debido a que las revisiones formales consumen tiempo y son por cortesía, las peticiones de éstas no deberán ser hechas hasta que todos los pasos conceptuales y

logísticos del diseño de investigación sean cubiertos.

Segundo, el desarrollo inicial del plan de investigación debe incluir el inicio de una propuesta de investigación detallada. A través de la redacción de la propuesta detallada se puede ayudar a identificar problemas emanados de los conceptos de la investigación, preguntas y con la logística, y también puede aumentar la integración de varios aspectos de la investigación propuesta. Para el diseño y manejo del proyecto están disponibles programas para computadoras personales que ayudan en la organización del proyecto y planeación del tiempo; estos programas pueden ser de valor para la organización de la investigación y escritura del plan de investigación.

Logística de la Investigación

Calidad de la Investigación

Una vez que las preguntas o hipótesis están planteadas y se identifica la información que es necesaria, se debe desarrollar un plan para la colecta de los datos (Tabla 2). Aunque la manifestación precisa sobre las metas de la investigación haya identificado los datos correctos y necesarios para responder las preguntas de la investigación, la calidad de la colecta de datos depende de la consistencia de los procedimientos de la misma, y lo completo y exacto de las mediciones. Por lo tanto cada paso de la parte de la logística del plan de investigación debe incluir el cómo asegurar la calidad de los datos colectados (Tabla 3). Mientras que el objetivo siempre debe ser obtener los mejores datos posibles, cada paso en un diseño de investigación debe también considerar la seguridad del investigador y el bienestar de los organismos en estudio.

Hojas de Datos

Las hojas de datos deben ser diseñadas para complementar el proceso de la colecta de datos y minimizar errores y omisiones. Si los datos se colectan en una secuencia dada (fecha, hora, localización, identificación del animal, sexo, longitud, peso), las columnas para los datos deben organizarse en el mismo orden para minimizar los errores cuando los datos se registren. Además, los errores que se cometen cuando los datos se transfieren a archivos de cómputo pueden minimizarse si la estructura de los archivos de datos está en el mismo orden que la hoja de datos.

Tabla 3. Tópicos para la adquisición de datos y sección de control de calidad de un diseño de investigación.

-
1. Colecta de datos.
 2. Registro de datos.
 3. El número de personas que toman medidas y registran datos.
 4. El número y tipos de medidas de control de calidad para verificar la exactitud y consistencia de los datos colectados.
 5. Captura de datos en archivos de computadora.
 6. Almacenaje de originales y copias de las hojas de datos y archivos de computadora.
 7. Asignación de tareas y responsabilidades.
 8. Análisis de datos.
-

Control de Calidad

Muchos esfuerzos de investigación van más allá del alcance de un investigador y algunos requieren muchos asistentes de campo y laboratorio. Si más de una persona está involucrada en realizar mediciones y observaciones, así como en el registro de datos, es importante que los resultados sean consistentes y repetibles entre el personal. La exactitud (qué tan cercanas están las medidas de las dimensiones reales de un objeto) y la precisión (qué tan cercana es una medida de otra si es tomada por más de una persona) requeridos para un parámetro particular de medición van a determinar que tanto entrenamiento necesita el personal y la frecuencia necesaria de la calibración de los instrumentos.

La consistencia de las medidas entre el personal es crítica para la confiabilidad de la colecta de datos ya que detectar diferencias estadísticas depende del grado de mayor variación de un parámetro cuando es comparado con tratamientos, años, o sitios. Por ejemplo, la validez de las comparaciones entre número de poblaciones y años o entre dos áreas depende de: 1) si el nivel del esfuerzo y consistencia en la colecta de datos fue similar para cada período o área, 2) si las técnicas empleadas para obtener los datos y el análisis de datos fueron similares, y 3) si el mismo investigador o investigadores con entrenamiento similar colectan los datos cada año. Además, la confiabilidad de la detección estadística de diferencias depende del grado de variabilidad de los parámetros que se comparan entre años o entre sitios.

Manejo de Datos

De ser posible, se debe usar una computadora personal para el almacenamiento, edición y manejo de los datos. Se debe usar un programa de hojas de cálculo o un programa de manejo de bases de datos relacionales (hay muchas versiones de ambos en el mercado). Algunos programas permiten al usuario desarrollar una estructura de pantalla que se asemeja a una hoja de datos, característica que puede ayudar a reducir errores en la captura de los datos. Los programas de manejo de datos también ofrecen procedimientos para detectar errores y funciones para la manipulación de los datos, tales como ordenar o indexar los datos (arreglando los datos de forma específica), consulta sobre los datos (conteo o presentación de categorías de los datos), y la habilidad de construir programas personalizados que resuman los datos automáticamente (medias, mínimos, máximos, y desviaciones estándar). Muchos de estos programas también contienen algunas opciones para graficar que permiten realizar una inspección visual de los datos. Las características de estos programas son de gran ayuda en el manejo de datos, y dan opciones para transferir datos a otros formatos para usarlos en paquetes estadísticos y sofisticados graficadores científicos.

El archivo maestro de datos debe estar etiquetado y debe contener los últimos datos, y representa los cambios más recientes. La captura de los datos, así como el análisis, nunca deben hacerse directamente en el archivo maestro. Los datos deben capturarse y editarse en archivos independientes, y después agregarse en el archivo maestro. Los respaldos del archivo maestro deben hacerse y guardarse en lugares separados. Además, la persona responsable de la edición y manejo de los datos, y el almacenamiento de los respaldos debe estar claramente identificada.

Personal

El personal representa una de las partes más costosas de muchos proyectos de investigación. Contratar gente con motivación y objetivos encauzados hacia el proyecto, darles entrenamiento adecuado y orientación, tiene obvios beneficios para el esfuerzo de investigación. Sin embargo, reconocer estas características en los asistentes de campo potenciales puede ser difícil. Un ejercicio que la gente consciente practica, o puede ser entrenada para realizar, es hacerse a si mismos las siguientes preguntas antes de

iniciar un trabajo: (1) ¿Entiendo claramente las metas inmediatas y a largo plazo del trabajo? (2) ¿Sé cómo lograr las metas? (3) ¿Tengo los suministros necesarios y equipo completo para el trabajo?

Si cada persona (incluyendo al investigador principal) involucrada en un proyecto de investigación se pregunta estas cuestiones todos los días, el tiempo invertido puede ser ampliamente reducido. Después de que el trabajo ha finalizado, siempre se debe hacer otra pregunta: (4) ¿Estoy comunicándome apropiada y adecuadamente con los demás involucrados con el proyecto sobre los problemas, resultados y decisiones que hice mientras se completaba la tarea? La falta de comunicación entre los investigadores es uno de los problemas más frecuentes en una investigación conducida por un equipo.

Resumen

El valor de un proyecto de investigación está determinado no sólo por los nuevos datos obtenidos, sino cómo esta investigación complementa investigaciones previas y contribuye a nuestro entendimiento de tópicos biológicos amplios o prueba teorías, conceptos ecológicos amplios o problemas generales de conservación y manejo de la biodiversidad. Así como preguntas de investigación individuales influyen la calidad de los datos colectados, grupos de preguntas relacionadas dentro del proyecto de investigación influyen la calidad de metas trascendentes de investigación tales como la síntesis de tópicos generales (p. ej., causas de la regulación y dinámica poblacional; fuentes de variación en intervalos de crecimiento entre individuos o poblaciones) y el desarrollo de nuevas preguntas e hipótesis que guiarán las investigaciones futuras.

Agradecimientos

Las versiones previas a este capítulo mejoraron por comentarios de Kurt Buhlmann, Nat Frazer, J. Whifield Gibbons, Nancy Dickson, Mark Komoroski, y Roy Nagle. El escrito fue apoyado por Financial Assistance Award Number DE-FC09-96SR18546 del U.S. Department of Energy to the University of Georgia Research Foundation.

Literatura Citada

Manly, B. F. 1992. *The Design and Analysis of Research Studies*. Cambridge University Press. Cambridge, England. 353 pp.

Montgomery, D. C. 1984. Design and Analysis of Experiments. Segunda Edición. Wiley, New York.

Reis-Lehrer, L. 1995. Grant Application Writers Handbook. Jones and Barlett, Boston. 472 pp.

Sokal, R. R. y J. F. Rohlf. 1995. Biometry: the Prin-

ciples and Practice of Statistics in Biological Research. Tercera Edición. W. H. Freeman, New York. 867 pp.

Winer, B. J. 1971. Statistical principles in experimental design. Segunda Edición. New York, McGraw-Hill. xv + 907 p.