

Suplemento decenal al texto Diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad

Peter Feinsinger e Iralys Ventosa Rodríguez

Con el apoyo del Programa para
América Latina y el Caribe de:



Título Original: Suplemento decenal al texto “El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad”

Autores: Peter Feinsinger e Iralys Ventosa Rodríguez

Proyecto financiado por el Programa para América Latina y el Caribe de la Wildlife Conservation Society y la Gordon and Betty Moore Foundation,

Todos los criterios vertidos en la presente publicación son responsabilidad de sus respectivos autores, no reflejan necesariamente la opinión o afirmación de los editores, ni de la Fundación Amigos de la Naturaleza y financiadores.

Revisión: Humberto Gómez

Coordinación General: Karina Sauma

Producción de Artes y Diseño de Tapa: Florencia Cheda

Cita Bibliográfica Sugerida: Feinsinger, P. & I. Ventosa Rodríguez. 2014. Suplemento decenal al texto “Diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad”. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 156 pp.

ISBN: 978-99905-66-63-5

Deposito Legal: 8-1-1090-14

Editorial FAN

Km 7 1/2 Doble Vía a La Guardia

Tel: (591-3) 355-6800 Fax: (591-3) 354-7383

e-mail: editorial@fan-bo.org - www.fan-bo.org

Impreso en Bolivia por Artes Gráficas Sagitario

Santa Cruz de la Sierra - Bolivia

Mayo, 2014

 Papel reciclado

ÍNDICE

PREFACIO DEL SUPLEMENTO	7
AGRADECIMIENTOS	11
CAPÍTULO S.1.	
Introducción: y la ciencia, ¿qué tiene que ver con la conservación?	13
CAPÍTULO S.2.	
El proceso de indagación	15
CAPÍTULO S.3.	
Entonces, ¿cuál es la pregunta?	19
CAPÍTULO S.4.	
Diseño: el ajuste de la toma de datos al ámbito de la pregunta	25
CAPÍTULO S.5.	
Muestras pequeñas y grandes preguntas: el papel de la inferencia estadística	83
CAPÍTULO S.5A.	
La reflexión: cómo expresar el jugo de una indagación y sembrar las semillas de las nuevas	99
CAPÍTULO S.6.	
Puntos de vista: teniendo en cuenta la historia natural	107
CAPÍTULO S.7.	
El contenido y el contexto: el papel de todo el paisaje	109
CAPÍTULO S.8.	
Indicadores versus objetivos: ¿atajos para evaluar la “salud” del paisaje?	111
CAPÍTULO S.9.	
Diversidad de especies: fácil de cuantificar, pero, ¿qué significa?	115
CAPÍTULO S.10.	
Cómo extender el alcance de la indagación	131
APÉNDICES S.A – S.D	139
ANEXOS	141
BIBLIOGRAFÍA	149

PREFACIO DEL SUPLEMENTO

El texto “El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad” (Feinsinger 2004) fue redactado durante 2002 y principios de 2003. Desde su salida ha pasado más de una década de evolución continua del proceso de plantear, diseñar, realizar, analizar, interpretar y aplicar los estudios de campo en la conservación biológica, la ecología de campo, el manejo de áreas protegidas, el manejo de fauna y de bosques, la etnobiología, la agroecología y campos afines. El Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada han madurado notoriamente como metodologías de investigación rigurosas y completas (ver Feinsinger 2013, 2014). Hoy en día los participantes (“las víctimas”) de los cursos que nosotros y nuestros colegas impartimos a través de América Latina aprenden, practican y aplican un acercamiento a la indagación (investigación) científica que se ha vuelto bastante más explícito y completo que lo presentado por Feinsinger (2004) sin haber sacrificado su accesibilidad a una variedad de públicos de indagadores. Pero...¿Qué sucede con las personas que tienen acceso sólo al texto de 2004 o que han sido “víctimas” de los cursos de hace varios años atrás? No han tenido manera de acceder al acercamiento actualizado. Reclaman, “¡Nos han dejado con un aprendizaje que ya está obsoleto!” El propósito de esta publicación es que no reclamen más. Es decir, esperamos que las “ex víctimas” de cursos del pasado y los otros usuarios del texto original -tanto investigadores profesionales como guardaparques, alumnos y profesores de materias de metodología de la investigación o la conservación biológica- tengan acceso a esas innovaciones sin la necesidad de hacerse “víctimas” (o volver a hacerse “víctimas”) de un curso actualizado.

La verdad es que siempre hace falta actualizar lo que se ha escrito hace mucho tiempo. El texto en inglés “Designing field studies for biodiversity conservation” (Feinsinger 2001) fue escrito entre 1997 y 2000, durante el primer estadio larval

de la metodología de investigación del Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada. La segunda edición, en español (Feinsinger 2004), fue escrito durante un estadio larval mucho más tardío del Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada e incorporó cambios sustanciales en los capítulos 2 – 4 aunque presentó pocas citas nuevas. Pero una década después, la metodología de investigación ya ha eclosionado y está volando (Feinsinger 2013, 2014), o así esperamos, en gran parte gracias a lo que hemos aprendido de las más de mil “víctimas” de los cursos y talleres impartidos a diversos públicos durante esta década.

Seguramente usted se preguntará: “¿y por qué estos autores no redactaron una nueva edición completa del texto del 2004?” Buena pregunta. Una nueva edición completa habría sido lo más lógico y lo más útil. Decidimos redactar un documento que acompañe, no reemplace, aquel texto por tres razones prácticas. (1) Una proporción significativa del texto original requiere poca o ninguna actualización de su contenido conceptual. De hecho el Suplemento de cada capítulo aquí empieza por un resumen de lo presentado en el original (Feinsinger 2004) seguido por diferentes tipos de secciones: una sección corta de “Cambios menores” (capítulos 5.1 y 5.6-5.8, los apéndices 5.A – 5.D), una sección mediana de “Cambios sustanciales” (capítulo 5.2) o una sección larga de “¡Cambia, todo cambia!” (capítulos 5.3-5.5, 5.9-5.10) según el grado de actualización que le hace falta a cada tema. También hay un capítulo nuevo pero corto, el 5.5A, que le presenta un ejemplo del esquema de la Reflexión descrito en Feinsinger (2014). (2) Un buen trabajo de redacción de una nueva edición del texto como un todo, incluyendo la actualización justa de las citas bibliográficas de todos los capítulos y hasta un posible cambio de la secuencia de ellos, llevaría a una demora inaceptable de al menos tres años. (3) Una gran parte de la actualización de los capítulos claves 1 – 4 y unos

puntos claves del 5 del texto original han salido recientemente en tres artículos de libre acceso en el Internet (Feinsinger 2012, 2013, 2014), el primero de los cuales se reproduce aquí como el anexo **S.I.** Otro artículo disponible en el Internet (Feinsinger *et al.* 2010b) presenta la actualización conceptual del antiguo capítulo 10 aunque le faltan los detalles (ver el capítulo **S.10**).

Por tanto esperamos que usted, sea que ya conocía el libro original desde antes o sea que está mirando las fotos de su tapa por la primera vez, acepte con buena voluntad y buen humor el desafío de revisar dos textos a la vez, el de Feinsinger (2004) y este **Suplemento**. También esperamos que usted

reconozca que ésta es la actualización “sólo por ahora”, ya que mientras está leyendo este Prefacio ya se habrá modificado (¡ojalá para mejor!) uno u otro elemento de lo que sigue, puesto que nosotros esperamos seguir dando cursos por unas décadas más y aprendiendo mucho más de los intercambios con las nuevas “víctimas” y otros colegas. Como cantó Mercedes Sosa “cambia todo cambia”, así que podría ser que para el año 2024 la acumulación de estos aprendizajes nuevos tenga que resumirse en un segundo **Suplemento** decenal. Lo sentimos queridos lectores, así es la vida. Y ahora ¡manos y mentes a la obra de actualización!

CÓMO USAR EL SUPLEMENTO

La redacción de este **Suplemento** supone que usted tenga el texto original (Feinsinger 2004) al alcance. Si no lo ha revisado antes, le sugerimos que revise el texto original, capítulo por capítulo primero, y luego que lea la actualización del capítulo en este **Suplemento**. Si ya conoce el texto original (Feinsinger 2004), le sugerimos que brinque directamente a este **Suplemento**, remitiéndose al texto original según su necesidad.

Para no tener que citar “Feinsinger 2004” o “este **Suplemento**” cien mil veces, hemos hecho los siguientes atajos. No citamos “Feinsinger 2004” en sí a menos que sea necesario. En su lugar sólo nos referimos al “**texto original**”. Citas de figuras, tablas, recuadros y capítulos sin el prefijo “**S**”, por ejemplo “figura 2.1”, “recuadro 5.2” o “capítulo 3” siempre se refieren al **texto original**. Citas de páginas, por ejemplo “pp. xx” o “pp. 43-47”, siempre se refieren al **texto original**. Apéndices A, B, C y D significan los del **texto original**.

Por otro lado todas las citas de este mismo **Suplemento** siempre tienen el prefijo “**S**”, por ejemplo “recuadro **S.4.3**” o “capítulo **S.4**”. De manera semejante se refiere a las actualizaciones de los cuatro apéndices del **texto original** como por ejemplo “apéndice **S.C**”. En cambio los dos anexos nuevos se llaman así y son el anexo **S.I** y el **S.II**.

Por contraste con el texto original, este **Suplemento** no tiene una sección aparte de Notas donde se explicarían los detalles y desviaciones del texto principal y se citaría muchos trabajos escritos. Aquí se incluyen las citas dentro del texto mismo.

¡Feliz lectura! Que el diseño de su estudio se beneficie de ella.



Peter Feinsinger e Iralys Ventosa Rodríguez
Conservation Fellows, Wildlife Conservation Society
Vaqueros, Salta, Argentina

AGRADECIMIENTOS

La evolución continua de nuestro acercamiento a la indagación en general, y en particular al diseño de estudios de campo que provea a los investigadores de una lectura fiel de lo que quieren saber, se debe principalmente a los intercambios con los > 1.500 “víctimas” y co instructores de unos 70 cursos y talleres impartidos desde la redacción del texto original. El reconocimiento de la necesidad de hacer ajustes y mejoras, y de hecho muchos de los ajustes mismos, han surgido tanto de nuestros intercambios con guardaparques, campesinos criollos e indígenas y docentes de escuela primaria como de los intercambios con investigadores profesionales, docentes universitarios y alumnos de grado o postgrado. Muchos de nuestros colegas ya agradecidos anteriormente (Feinsinger 2004: pp. xx) han seguido compartiendo su crítica, innovación, perspicacia, curiosidad e ideas brillantes, así contribuyendo llamativamente al contenido de este Suplemento. De aquellos “amigos de los viejos tiempos” cabe volver a mencionar a Samara Álvarez, Juan Armesto, Alfredo Berduc (inventor del concepto del “Ciclo de Indagación con F_1 ”, figura 5.4.2), Maikel Cañizares, Geovana Carreño, Cristina Casavecchia, Andrea Caselli, Rosa Leny Cuéllar, Stuart Hurlbert, Edith Lanz, Laura Margutti, Andy Noss, Vicki Ortiz, Cecilia Ramírez, Alejandra Roldán y Ricardo Rozzi. Pero además, durante la última década hemos conocido a “amigos de los nuevos tiempos” cuyas ideas, revisiones y críticas también han contribuido notoriamente a las novedades presentadas en este Suplemento. Entre esas muchas personas están Julia Astegiano, Silvana Buzato, Sergio Coelho, Ainhoa Cormenzana (que propuso la quinta pauta para Preguntas de trabajo), Ana Ferreras, Jimena Gato, Alejandra Laina, Luciano Lopes, Antonio Rodríguez, Cristina Sanhueza, Alejandra Schwarz, Annery Serrano, Andrés Tálamo, Carlos Trucco y las “víctimas” del curso de febrero 2014 en El Salvador, que nos

brindaron muchas sugerencias sobre los pasos de diseño (capítulo 5.4).

El Programa para América latina y el Caribe (LAC) de la Wildlife Conservation Society (WCS – Nueva York) más sus programas particulares WCS-Colombia, WCS-Perú y WCS-Venezuela, han apoyado la mayoría de nuestras actividades de capacitación durante la última década. Agradecemos en particular a Vecita Chicchón, ex directora del LAC, su apoyo en todo sentido durante muchos años y a su sucesora, Julie Kunen, la continuación del apoyo de la capacitación en la indagación de primera mano. También un subsidio de la Fundación Gordon y Betty Moore ha permitido numerosas iniciativas durante 2012 - 2014, y le agradecemos mucho su apoyo incondicional a Kirsten Silvius, administradora de programa de la iniciativa Amazonía – Andes de dicha fundación. Entre las numerosas instituciones latinoamericanas que han auspiciado y apoyado la capacitación en la indagación científica durante la última década, cabe destacar Parques Nacionales Naturales (Colombia); el Centro Oriental de Ecosistemas y Biodiversidad (BIOECO, Santiago de Cuba), Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos (CISAT, Holguín), Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna (ENPFF), Instituto de Ecología y Sistemática (IES) y Facultad de Biología de la Universidad de La Habana (Cuba); Universidad Autónoma de Hidalgo (México); Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (El Salvador); Universidade Estadual Paulista (Río Claro) y Universidade de São Paulo (Brasil); Parque Nacional El Cajas, Universidad del Azuay y Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador); Instituto de Ecología y Biodiversidad, Universidad de Magallanes, y Fundación Senda Darwin (Chile); Universidad Nacional de San Agustín, AIDER y SERNANP(Perú); Facultad de Ciencias, Universidad

de la República (Uruguay); Universidad Nacional de Córdoba, Fundación Vida Silvestre, Universidad Nacional de Formosa, Fundación ECO, Universidad Nacional del Comahue, Universidad Nacional de Salta, Universidad Nacional de Tucumán, Universidad Nacional de La Pampa y Agencia de Parques Nacionales (Argentina), y Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, IBIF (Instituto Boliviano de Investigaciones Forestales), Parque Nacional Kaa-Iya del Gran Chaco y Fundación Amigos de la Naturaleza (Bolivia).

De hecho la Fundación Amigos de la Naturaleza ha jugado el papel decisivo en el desarrollo, publicación y difusión no sólo del texto de 2004 sino también de este **Suplemento**. En particular quisiéramos agradecer a Karina Sauma su tremendo apoyo, mejor dicho su insistencia en el presente proyecto, y su guía y eficiencia durante el proceso editorial; a Florencia Cheda la diagramación innovadora y “amigable” del libro y su tapa y a Humberto Gómez su revisión del texto entero.

Le agradecemos a Mónica Moraes, editora en jefe de la revista *Ecología en Bolivia*, el permiso de reproducir el editorial que se reproduce aquí como el anexo **S.I.**

Finalmente quisiéramos agradecerles a un número desconocido (pero ≥ 2) de fábricas en China, su producción creciente de los pollos chillones de goma, los que son cada vez más biodiversos, más joviales y más disponibles en los “barrios chinos”, veredas, mercados municipales y veterinarias de América latina. Sin el efecto rompehielos de los chillidos de los pollos a partir de la primera hora de cada taller o curso de la última década, nunca habrían salido las ideas, críticas e innovaciones que han llevado a este **Suplemento**. Dedicamos este **Suplemento** a los pollos (figura **S.A.1**).

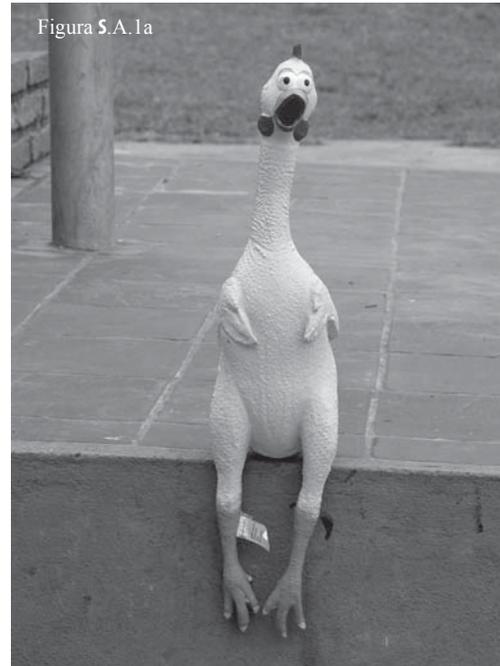


Figura S.A.1 El pollo, en los límites de la distribución geográfica de la población que facilita el diseño de estudios para la conservación y la biodiversidad: a. Cuba (foto Lainet García Rivera); b. el Antártida (foto Diego González Zevallos).

CAPÍTULO S.1. INTRODUCCIÓN: Y LA CIENCIA ¿QUÉ TIENE QUE VER CON LA CONSERVACIÓN?

RESUMEN

El capítulo 1 del **texto original** comienza por una definición particular de la conservación y propone que la indagación (investigación) científica puede contribuir llamativamente a las metas de la conservación, el “uso sostenible” de los recursos naturales y el manejo de los paisajes en que vivimos, trabajamos y cantamos. También introduce el hecho de que las ciencias nuestras (biología de la conservación, ecología de campo, etnobiología, agroecología, manejo de bosques o de fauna entre otras) son “ciencias históricas” tanto como las ciencias sociales. Cada paisaje, sus seres vivos y su sostenibilidad ante el uso humano son resultados de su historia geológica, biogeográfica y antropológica única (Lawton 1996). Por supuesto que debemos intentar generalizar desde un estudio de campo bien hecho en su espacio y tiempo determinado hacia otros tiempos y espacios, pero siempre con cautela y humildad (ver anexo S.I, Feinsinger 2013, 2014). El capítulo 1 del **texto original** termina por presentarle unas pocas del sinnúmero de elecciones posibles de temas aptos o urgentes para la indagación científica en el paisaje de usted.

CAMBIOS MENORES

No se preocupe. La definición de la conservación (pp. 1) no ha cambiado. Sólo cabe presentar dos definiciones más precisas del proceso de la indagación científica (la ciencia), modificadas ligeramente de Feinsinger *et al.* (2010b), y discutir un poco la relación entre ellas. Esto nos proveerá de la base para las actualizaciones de los demás capítulos, en particular el 2 y el 3. Definamos *la ciencia básica* (la indagación científica básica) como:

el proceso que pretende incrementar el conocimiento elaborando preguntas acerca del entorno que nos rodea, contestándolas de primera mano de la manera más objetiva y precisa que

sea posible, después reflexionando sobre los hallazgos y, según la reflexión, planteando nuevas preguntas para contestarse.

Definamos *la ciencia aplicada* (la indagación científica aplicada) como:

el proceso de poner a prueba alternativas de pautas de manejo (en sentido amplio) en el entorno que nos rodea, elaborando preguntas en el mismo entorno, contestándolas de la manera más objetiva y precisa que sea posible, reflexionando según los hallazgos con el fin de seleccionar la alternativa más prometedora, aplicando la alternativa seleccionada, vigilando las consecuencias y planteando nuevas preguntas según lo encontrado.

El esquema de la figura 1.3 (pp. 3 del **texto original**) se aplica para ambas clases de la ciencia. Tanto una indagación aplicada como una básica proviene de un conjunto de teorías, que usted conocerá como el Concepto de Fondo en el capítulo S.3 (ver Feinsinger 2013, 2014). Tanto una indagación básica como una aplicada lleva a un conjunto de conocimientos (“lo que *es*”, ver los capítulos S.2 – S.5 y el anexo S.I), es decir los datos tomados, los resultados directos del estudio. Ellos llevan a especulaciones sobre lo que *podría ser* fuera del ámbito espacial y temporal del estudio. En la ciencia básica estas especulaciones o reflexiones sirven para incrementar el conocimiento, avanzar el marco teórico y fomentar nuevas indagaciones. En la aplicada sirven para aportar a la selección de la pauta de manejo, o para proponer otro estudio más fino antes de realizar dicha selección (ver el paso 3 del capítulo S.4).

De hecho es imprescindible que usted reconozca que con respecto a la ecología y la conservación, la ciencia básica y la aplicada no son dos campos diferentes a pesar de la tendencia desafortunada, desde el siglo XIX en adelante, de separar las

facultades universitarias asociadas con una o la otra. A veces una misma Pregunta de trabajo (ver los capítulos 5.2 y 5.3) puede conducir a una indagación básica o una aplicada. Eso depende de lo que usted conocerá como la “Inquietud Particular” (capítulo 5.3 y Feinsinger 2014). Por ejemplo, consideremos la Pregunta “Según mi paladar ¿cómo varía el gusto, en una escala 1 – 10, entre los vinos tintos chilenos de precio mediano y los vinos tintos argentinos de precio mediano?” Si la meta de mi indagación, luego de realizar un estudio con numerosas réplicas (!), es poder difundir los hallazgos entre los enólogos del mundo como un avance del conocimiento entonces es una investigación (indagación) básica. Si la meta

es ayudarme seleccionar la pauta de manejo (tomar principalmente vinos tintos argentinos, o tomar principalmente vinos tintos chilenos) sin que el mundo entero de enólogos tenga que darse cuenta de mi elección, es una indagación aplicada. Por otro lado, tanto Preguntas de trabajo e indagaciones netamente básicas como Preguntas de trabajo e indagaciones netamente aplicadas, pueden aportar a la conservación y al manejo según el esquema de la figura 1.1 (pp. 2). A continuación regresaremos a este tema en detalle, como parte del paso 3 del capítulo 5.4.

CAPÍTULO S.2. EL PROCESO DE INDAGACIÓN

RESUMEN

Entonces ¿cómo “hacer la ciencia” según las propuestas del capítulo 1 del **texto original**? El capítulo 2 del mismo texto presenta cinco esquemas alternativos de métodos científicos que permiten desarrollar la metodología de investigación detallada en los capítulos 3, 5 y en particular el 4. Comienza por presentar el método hipotético deductivo “formal” o MHD (figura 2.1, pp. 11), el que la mayoría de científicos procura seguir consciente o inconscientemente. Sin embargo, aquel método tiene poca utilidad en la conservación biológica y temas afines (también ver Feinsinger *et al.* 2010a, Feinsinger 2013). Como reemplazo del MHD se presentan dos alternativas del “método científico más básico” (figura 2.2, pp. 14), el Ciclo de Indagación para estudios básicos y el Ciclo de Indagación Aplicada para estudios aplicados, ¡obvio! Pero parece que aquel autor Feinsinger se sentía un poco apenado por la aparente sencillez excesiva de aquellos Ciclos, porque finalmente el capítulo 2 propone dos acercamientos cuyos diagramas de muchas cajas se parecen superficialmente al diagrama del MHD pero cuyas palabras dentro de las cajas se parecen más al Ciclo de Indagación y al Ciclo de Indagación Aplicada. Se etiquetan respectivamente el “Ciclo de Estudios de Campo” (figura 2.5, pp. 20) y el “Ciclo de Manejo” (figura 2.4, pp. 17).

CAMBIOS SUSTANCIALES

Ya por el año 2005 nos dimos cuenta de que los pobres lectores del **texto original** terminaron el capítulo 2 bastante mareados por el exceso de ciclos, a menudo recurriendo al MHD en lugar de seguir una u otra de las cuatro alternativas propuestas -quizás porque en su juventud habían memorizado los pasos del mismo MHD (aunque no los entendieran) y porque el MHD incluye las palabras mágicas “hipótesis” y “predicción” que hicieron felices a sus profesores o jefes. Ahora es más urgente que nunca que se aclare el tema de las metodologías de investigación. Durante la última década nuestro desencanto con el MHD para fundar los estudios de campo ha crecido exponencialmente, paralelo al incremento exponencial del mal uso, abuso y hasta la tergiversación consciente del mismo MHD por aquellos científicos para quienes la mera presencia o ausencia de las palabras “hipótesis” y “predicción” es el indicador directo del mérito de una indagación propuesta o realizada (Feinsinger 2013). A la vez nuestro “encanto” con el Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada ha crecido conjuntamente con su maduración como metodologías científicas rigurosas y completas a pesar de, o debido a, su aparente sencillez (Feinsinger 2014). Finalmente, el Ciclo de Estudios de Campo y el Ciclo de Manejo (figuras 2.4, 2.5) han perdido todo su encanto ya que ahora son innecesarios y su único efecto aparente fue confundir a las “víctimas” durante nuestros cursos y a las “ex víctimas” después.

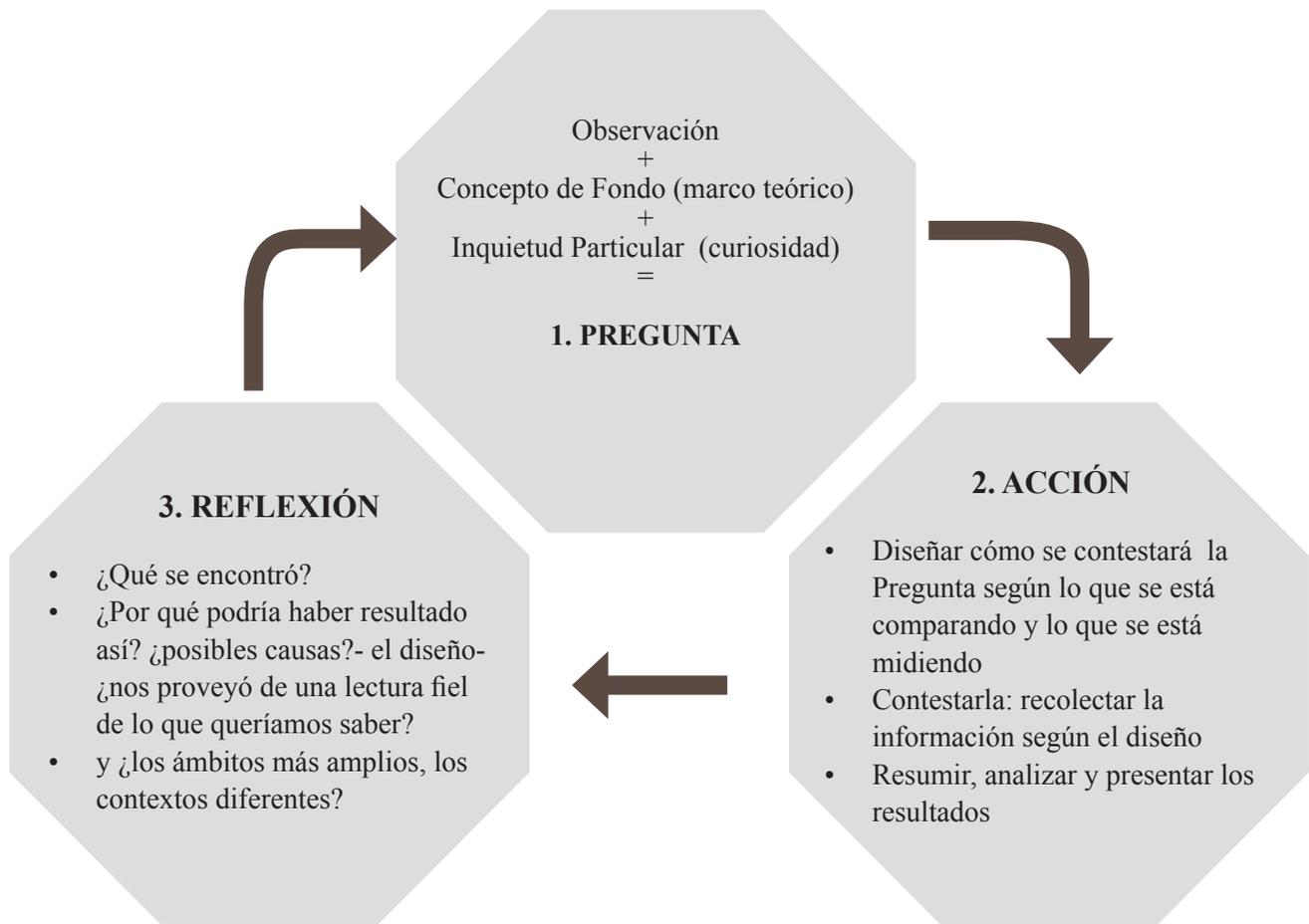


Figura 5.2.1 El Ciclo de Indagación (modificada ligeramente de Feinsinger 2013).

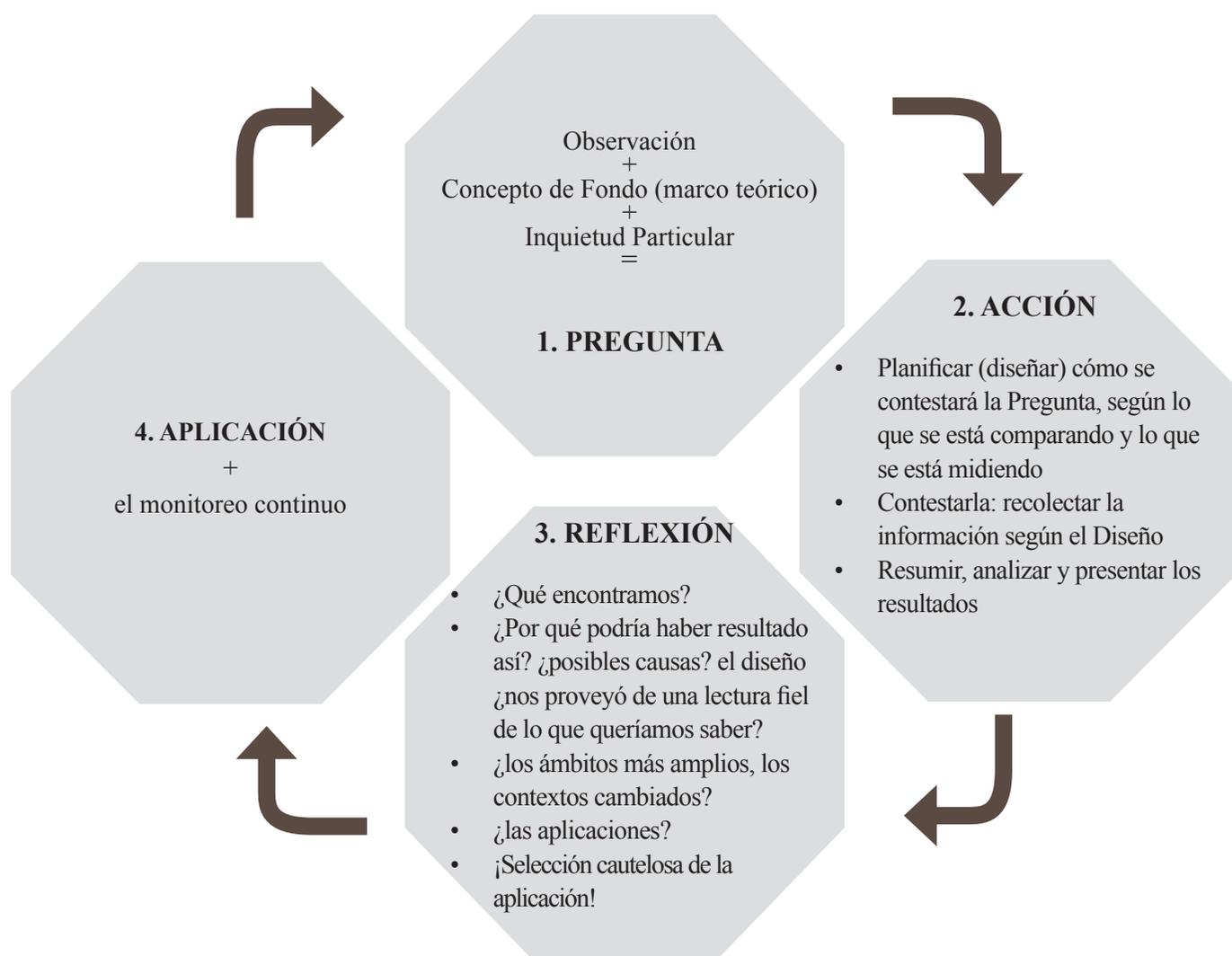
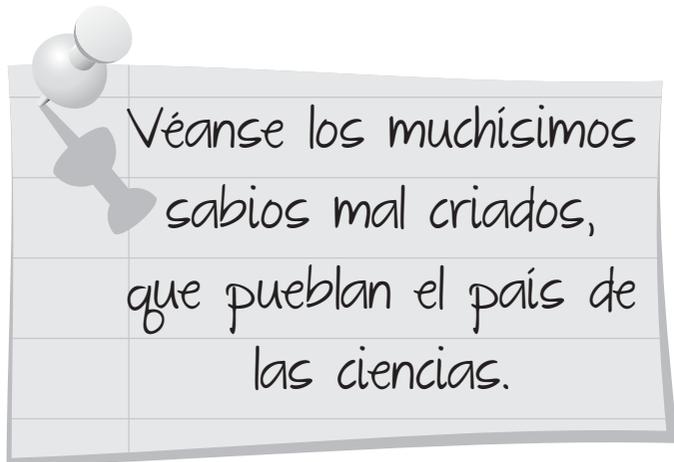


Figura 5.2.2 El Ciclo de Indagación Aplicada (modificada ligeramente de Feinsinger 2014).

Actualmente proponemos que el Ciclo de Indagación (figura 5.2.1) y el Ciclo de Indagación Aplicada (figura 5.2.2) son suficientes y necesarios para realizar indagaciones objetivas, rigurosas y útiles, sea el investigador un profesional con doctorado (o en búsqueda de uno), un guardaparque o un campesino. La utilidad y rigurosidad de las metodologías diagramadas en las figuras 5.2.1 y 5.2.2 ya son “probadas sobre el terreno” meticolosa y exhaustivamente. Otros trabajos (Feinsinger 2013, 2014) presentan los argumentos detallados.

Además el primero (Feinsinger 2013) recalca que a menudo los que procuramos seguir el MHD en nuestros estudios de campo, recurrimos consciente o inconscientemente en un método hipotético deductivo que es un “fantasma” del MHD verdadero. Seguimos empleando las palabras “hipótesis” y “predicción”, pero fuera de los criterios estrictos del MHD esas palabras carecen de definiciones consistentes o útiles al diseño, realización e interpretación de la indagación. Digamos “recurrimos” y “empleamos” porque ese mismo autor Feinsinger, durante sus

muchos años como investigador en la ecología tropical, publicó unos pocos artículos siguiendo debidamente el MHD y muchos siguiendo el método “fantasma” o un híbrido con unos elementos del MHD y otros elementos fantasmagóricos. Ahora ese autor, arrepentido, entiende bien el significado de la frase de Simón Rodríguez (1840):



Entonces ¿el Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada se han cambiado notoriamente? Sólo el paso de la Reflexión en las figuras 5.2.1 y 5.2.2 presenta una redacción bastante diferente que la encontrada en la figura 2.2 del **texto original**. Ahora la Reflexión precisa una secuencia específica de temas que el investigador debe preguntarse explícitamente (capítulo 5.5A, anexo 5.I y ver Arango *et al.* 2009, Feinsinger 2013, 2014). Y como usted verá las respuestas honestas, cautelosas y creativas a estas preguntas son indispensables para su indagación básica y netamente imprescindibles para su indagación aplicada.

CAPÍTULO S.3. ENTONCES ¿CUÁL ES LA PREGUNTA?

RESUMEN

La Pregunta de trabajo, el primer paso del Ciclo de Indagación (figura S.2.1), manda o dirige tanto al diseño de la indagación como a la toma y análisis de los datos (la Acción). Luego encamina el bosquejo y lenguaje de la interpretación de los hallazgos (la Reflexión). En el Ciclo de Indagación Aplicada (figura S.2.2) también manda el lenguaje de la interpretación de los resultados e incluso del alcance de la Aplicación. Es imprescindible que la redacción de la Pregunta de trabajo sea exacta y precisa hasta la última palabra. Para lograrlo la misma se formula para que cumpla con cuatro pautas. (1) Debe ser **contestable** por medio del registro de nuevos datos u observaciones (“mediciones”, en el sentido amplio ya que los datos pueden ser cualitativos en lugar de cuantitativos). Las preguntas más reflexivas como “¿por qué?” o “a qué se debe?”, no sirven como Preguntas de trabajo sino juegan un papel clave en la formulación de ella (ver más adelante y Feinsinger 2014) y en la Reflexión. (2) Debe ser **comparativa**; es difícil que una Pregunta no comparativa, aunque sea contestable, lleve a una Reflexión profunda o una Aplicación útil. (3) Debe ser **seductora** (interesante, sexy) en dos sentidos. Si (a) ya se conoce la respuesta con antelación o si (b) se exige un trabajo abrumador para conseguir la respuesta, pierde su capacidad de seducción (“sexitud”). (4) Debe ser **sencilla y directa** en tres sentidos: (a) libre de la jerga científica, es decir redactada en un lenguaje accesible; (b) libre del uso requerido de tecnología sofisticada y costosa, siempre y cuando sea posible y (c) libre de un número excesivo de factores de comparación, los que conocerá en el próximo capítulo como factores de diseño.

Durante el proceso de diseñar el estudio en sí (capítulos 4 y S.4) casi todas las Preguntas de trabajo experimentarán nuevos ajustes. Por ahora basta que cumplan bien con las cuatro pautas. La consigna clave, que se encuentra en la página 24 del **texto**

original, es que *la Pregunta debe hablar por sí de lo que se está comparando* (pauta 2, ser comparable) *y debe hablar por sí de lo que se está “midiendo” (registrando) en cada unidad de lo que se está comparando* (pauta 1, ser contestable). Al llegar al capítulo 4 del **texto original** y al capítulo S.4 de este Suplemento, usted reconocerá cuán importante es la incidencia de esta consigna en el diseño conceptual y logístico del estudio como un todo. Sin embargo la tercera y cuarta pauta juegan papeles igualmente importantes, como verá en las siguientes secciones.

CAMBIA, TODO CAMBIA

► Cómo hacer explícito el proceso implícito de formular la Pregunta

El **texto original** recalca las cuatro pautas con que la Pregunta de trabajo debe cumplir, pero deja que el proceso de llegar a ella sea implícito. En la actualidad destacamos fuertemente no sólo que la Pregunta cumpla con las pautas sino que también se expliciten los tres pasos anteriores del proceso de llegar a ella. Esto no sólo favorece el reconocimiento consciente de lo que el investigador realmente quiere y le interesa conocer sino también desarrolla el Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada como metodologías de investigación y métodos científicos rigurosos y completos (Feinsinger 2013, 2014).

Sea un alumno de doctorado, guardaparque o investigador profesional en biología de la conservación, usted “simplemente” recorre el entorno, observándolo detenidamente hasta que encuentre un fenómeno que le interese o le inquiete. En dos milisegundos o dos minutos su cerebro, ya algo acostumbrado al proceso, produce la Pregunta de trabajo y de ahí usted hace los ajustes que le parecen necesarios para que ella cumpla con las cuatro pautas de ser contestable, comparativa, sexy y sencilla y directa.

Por la velocidad de ese proceso mental, no estamos conscientes del hecho de que el cerebro está pasando rápidamente por una cadena de pensamientos que vincula la *Pregunta* con la *Observación*. Los dos eslabones inconscientes que suelen suceder entre ellas pueden llamarse el *Concepto de Fondo* (marco teórico, inquietud global) y la *Inquietud Particular*. Desde hace varios años hemos encontrado que todos los eslabones de la cadena (Observación, Concepto de Fondo, Inquietud Particular y finalmente la

Pregunta) deben pensarse y redactarse de manera explícita, no implícita. Eso asegura no sólo que el Ciclo de Indagación y el de Indagación Aplicada califiquen como métodos científicos completos sino también que la Pregunta tenga significado verdadero a la ciencia básica o a la aplicación, respectivamente. La figura 5.3.1 muestra cuatro ejemplos del proceso de explicitar los cuatro eslabones de la cadena. Se encuentran los detalles en los trabajos ya citados excesivamente (Feinsinger 2013, 2014).



Equipo: "El Chino y las plantas del Área de Banao"

Observación: En las márgenes del Río Banao en el tramo Jarico Ma. Antonia, de la R.E. Lomas de Banao, existe una gran cantidad de pomarrosa la cual es considerada una especie invasora de bosques de galería. En algunas zonas de este tramo, las pomarrosas han muerto a causa de una plaga, mientras que en otras no sucede así.

Concepto de Fondo: Por lo general las especies invasoras se expanden con más rapidez en los bosques de galería y afectan la composición y abundancia de las especies nativas.

Inquietud Particular: ¿Cómo incide la pomarrosa en la composición y abundancia de las especies de plantas nativas de las diferentes zonas del Río Banao?

Pregunta: En la Reserva Ecológica Lomas de Banao, en los años 2012 - 2014 ¿Cómo varían las identidades de los ejemplares de las plantas entre tres zonas del Río Banao con pomarrosas muertas, y 3 zonas con pomarrosas vivas?

Figura 5.3.1a

Equipo: Diana Deaza y Catalina Gutiérrez

Observación: Los observadores de aves que visitan el SFF Otún Quimbaya utilizan de manera no regulada y con alta frecuencia el "Play Back" (PB).

Concepto de Fondo: Por lo general el uso del PB modifica el comportamiento y actividades naturales de las aves sometidas a este. Esto puede traer consecuencias en el éxito reproductivo, desplazamiento del territorio, estrés, entre otras poco estudiadas.

Inquietud Particular: ¿Será que el uso del PB por los turistas y guías observadores de aves, en los senderos ecoturísticos del SFF O.Q., está afectando a las comunidades de aves asociadas a estos?

Pregunta: Durante mayo a septiembre de 2012 ¿cómo varía la magnitud del cambio de los registros de la grallaria y el flautista en el sendero Los Bejucos en el SFF O.Q., entre los días antes y después del PB y los días con los mismos horarios sin usar PB?

Figura 5.3.1b

Equipo: Triny, Amy, Paco

Observación: La diversidad de las plantas nativas es menor en zonas donde se plantó eucaliptos que en zonas donde no se plantó eucaliptos.

Concepto de Fondo: Por lo general se dice que la diversidad de plantas nativas disminuye en plantaciones de eucalipto.

Inquietud Particular: ¿Cómo influyen los eucaliptos plantados en la diversidad de las plantas nativas en el Hotel Staff de Achoma?

Pregunta: ¿Cómo varía la diversidad de especies de plantas nativas en zonas plantadas con eucaliptos y zonas sin eucaliptos en el Hotel Staff de Achoma?

Figura 5.3.1c

Equipo: Santiago, Jean Paul, Jessica

Observación: En el valle de Achoma, la carretera pasa cerca de las chacras.

Concepto de Fondo: Por lo general la presencia de barreras, como cercos vivos, al lado de la carretera reduce la cantidad de polvo que llega a las chacras adyacentes, lo que podría afectar su productividad.

Inquietud Particular: ¿Será que la presencia de cercos vivos incrementa la productividad de alfalfa en las chacras al lado de la carretera?

Pregunta: ¿Cómo varía la productividad de los cultivos de alfalfa (kg/m^2) en las chacras al lado de la carretera con y sin cercos vivos?

Figura 5.3.1d

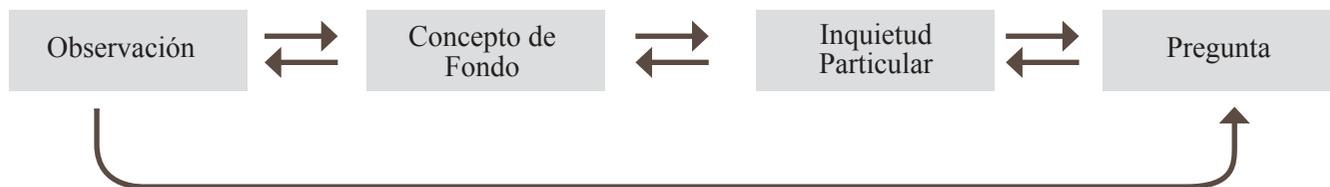
Figura 5.3.1 Cuatro Preguntas de trabajo propuestas por "víctimas" de cursos recientes (a: Cuba; b: Colombia; c y d: Perú), mostrando la cadena de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular detrás de la Pregunta.

► La quinta pauta para la Pregunta

Hemos encontrado que a menudo la Pregunta de trabajo formulada por las “víctimas” tiene poco que ver con su redacción de la Observación, el Concepto de Fondo y la Inquietud Particular y/o que estos tres eslabones no sugieren los elementos al fondo de lo que se comparará y medirá según la Pregunta. A principios de 2014 se propuso la quinta pauta explícita con que la Pregunta de trabajo debe cumplir:

1. Que sea contestable
2. Que sea comparativa

3. Que sea “sexy” de dos maneras
4. Que sea sencilla y directa
5. *Que sea coherente*: que sus elementos claves (lo que se comparará y lo que se medirá) surjan claramente de la cadena de razonamiento desde la Observación y el Concepto de Fondo hasta la Inquietud Particular, o sea el siguiente esquema:



► El formato más preciso de redactar la Pregunta... casi siempre

La figura 5.3.1 y el anexo 5.I sugieren además, que la manera más precisa y clara de redactar una Pregunta de trabajo suele ser, “¿Cómo varía *Y*, entre los ejemplares *i* de las diferentes condiciones de *X*?” En el capítulo 4 (Feinsinger 2004) y el 5.4 usted aprenderá que *Y* es lo que está midiendo, o la *variable de respuesta*; que *X* es lo que está comparando, o el *factor de diseño*; que las diferentes condiciones de *X* son los *niveles* del factor de diseño y que los *i* son los casos individuales que pertenecen a los niveles, o las *unidades de respuesta*. La palabra sencilla “entre” señala las unidades de respuesta (más el *factor de diseño* y la naturaleza de sus niveles) mientras que las palabras sencillas “¿cómo varía...?” señalan lo que usted medirá (registrará) en cada unidad de respuesta (la *variable de respuesta*). Éstas son las consignas fundamentales del diseño del estudio que mejor responderá la Pregunta (capítulo 5.4). Por supuesto puede haber excepciones a esta redacción, tales como unas Preguntas sobre la diversidad de especies. Sin embargo, en el capítulo 5.9 encontrará que también suele ser más preciso

redactar Preguntas de trabajo sobre la diversidad y composición de especies según el formato “¿cómo varía... entre...?” De hecho podemos pensar en muy pocas Preguntas, aparte de aquellas débiles que tratan sobre correlaciones (Feinsinger 2004: nota 4.14, pp. 229-230), que no puedan redactarse según el formato sugerido.

► Un ejemplo, corregido

La primera Pregunta de los ejemplos de ellas en las pp. 28 – 29 del **texto original** era, “¿Cómo varía la diversidad y composición de conjuntos de especies de aves, entre bosques no talados y bosques con tala selectiva de baja intensidad?” Aunque el autor (Thiollay 1992) no explicitó la cadena de pensamientos al fondo de la Pregunta, ellos se encuentran en las secciones “Introducción” y “Áreas de estudio y métodos”:

Observación: En el bosque amazónico de Guyana Francesa, a lo largo de un tramo de 15 km del “piste de St-Elie” se encuentra un sector de bosque talado selectivamente 1 - 2 años atrás y otro sector, al costado, talado 8-12 años atrás. También existe un bosque extenso sin tala,

cerca de la Estación Biológica Nouragues a 130 km del tramo talado. Una avifauna diversa y muy semejante habita en ambos bosques.

Concepto de fondo: Por lo general la tala selectiva de árboles causa cambios en la estructura del bosque remanente y así incide llamativamente en la diversidad y composición de la avifauna. Sin embargo, estos contrastes suelen desvanecerse a medida que el bosque se regenera.

Inquietud particular: ¿Será que la tala selectiva de árboles en el bosque amazónico de Guayana Francesa, en particular el sector que abarca la “piste de St-Elie” hasta Nourages, incide en la composición y diversidad de la avifauna y que los efectos disminuyen a medida que el bosque se regenera?

Pregunta (por ahora ...): ¿Cómo varía la diversidad y composición de especies de aves del bosque amazónico de Guyana Francesa, entre un bosque sin tala y dos sectores de otro bosque, a 130 km de distancia, talado selectivamente (uno con 1-2 años de regeneración y 8-12 años respectivamente)?

Nota los pequeños cambios entre la redacción actual de esta Pregunta y la original presentada por Feinsinger (2004: pp. 28). Estos se deben a lo que hemos aprendido durante la década pasada, y representan más fielmente lo que Thiollay (1992) realmente estudió. Por ahora la Pregunta parece cumplir con las cinco pautas, aunque al revisar el capítulo 5.4 usted reconocerá que requeriría otros ajustes durante el proceso de diseño del estudio y al llegar al 5.9 reconocerás que existe una redacción considerablemente más exacta de Preguntas sobre “la diversidad y composición de especies”.

► Los demás ejemplos de Preguntas

Se encuentran diez ejemplos más de Preguntas de trabajo en las páginas 28-29 de Feinsinger (2004). ¡No se preocupe, no vamos a reanalizar cada una en tanto detalle! Le toca a usted, si le interesa, revisar cada trabajo original y explicitar la cadena de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular al fondo de su Pregunta. Sin embargo,

según los párrafos anteriores nos toca a nosotros volver a redactar aquellas antiguas Preguntas en sí, en parte porque Feinsinger (2004) había redactado inconscientemente las que indicamos abajo con asterisco como Inquietudes Particulares y no como Preguntas de trabajo (seguimos aprendiendo...). Como usted verá, tanto como la Pregunta de Thiollay (1992) las demás Preguntas también requerirían más ajustes importantes según los pasos de diseño (capítulo 5.4), y casi todas más ajustes en cuanto a la terminología de la “biodiversidad” (capítulo 5.9).

- *2. ¿Cómo varía la diversidad de especies de animales nativos (aves, insectos, arañas, lagartijas, lombrices y pequeños mamíferos), entre plantaciones tradicionales de café de sombrío y plantaciones modernas al sol? (Perfecto *et al.* 1996)
- *3. ¿Cómo varían las tasas de llegada de semillas viables, la composición de especies vegetales que se establecen y la tasa de restauración de la vegetación dentro de una mina de fósforo abandonada, entre zonas alrededor de perchas para aves (árboles muertos plantados con maquinaria) y zonas fuera de ellas? (McClanahan & Wolfe 1993)
- *4. ¿Cómo varía la abundancia y diversidad de la fauna nativa al agua fría de Nueva Zelanda, entre quebradas experimentales expuestas a truchas introducidas y quebradas con exclusión de truchas? (Flecker & Townsend 1994)
5. ¿Cómo varía la demografía y la salud (estructura de clases de edades) de poblaciones de un árbol nativo de alto valor a los lugareños y su ganado, entre corrales para ganado y zonas fuera de ellos? (Reid & Ellis 1995)
6. ¿Cómo varía la tasa de invasión de pastizales naturales por malezas exóticas, entre zonas de vegetación cruzadas por caminos primarios o secundarios, zonas cruzadas por senderos y zonas de vegetación lejos de ellos? (Tyser & Worley 1992)

7. En dos reservas de bosque húmedo tropical con senderos transitados frecuentemente por visitantes, ¿cómo varía la escorrentía de agua durante tormentas, y la tasa de la subsiguiente erosión del suelo, entre tramos de senderos y zonas de sotobosque a 3 – 5 m de ellos? (Wallin & Harden 1996)
8. ¿Cómo varía la compactación y la tasa de erosión de suelos de senderos, entre tramos de senderos transitados por (a) caballos, (b) llamas y (c) caminantes humanos (“trekkers”)? (DeLuca *et al.* 1998)
9. ¿Cómo varía la abundancia y diversidad de aves nativas en un bosque templado, entre zonas sin paso de turistas y zonas con diferentes frecuencias de tránsito de ellos? (Rifell *et al.* 1996, Miller *et al.* 1998)
10. ¿Cómo varía la densidad de población de especies de vertebrados grandes en un área protegida de Paraguay, entre zonas a diferentes distancias de los asentamientos de cazadores y en diferentes formaciones vegetales? (Hill *et al.* 1997)
11. ¿Cómo varía la densidad de población de especies de vertebrados grandes, entre zonas de dos áreas protegidas con distintas restricciones sobre la cacería? (Carillo *et al.* 2000)

Muy bien. Ya estamos listos para entrar en el proceso crítico de diseñar el estudio según las palabras de la Pregunta de trabajo... y seguir ajustando la Pregunta.

CAPÍTULO 5.4. DISEÑO: EL AJUSTE DE LA TOMA DE DATOS AL ÁMBITO DE LA PREGUNTA

RESUMEN

Una vez formulada su Pregunta según las cuatro pautas, usted pasa a la Acción para tomar los datos que mejor la contestan. El capítulo 4 destaca un ejemplo realista aunque es inventado: una inquietud acerca del efecto de la tala selectiva de bosque sobre tres grupos de vertebrados que habitan en un área protegida grande. El área protegida es atravesada por una serranía y presenta tres grandes formaciones vegetales: bosque húmedo tropical, bosque nublado de altura y bosque seco tropical. A través de su región periférica existe un gran número de concesiones forestales rectangulares ya sometidas a la tala selectiva, dispersas entre grandes extensiones de bosque sin tala. Al inicio la aparente Pregunta de trabajo (que realmente es todavía una Inquietud Particular) es: “¿Incide de manera significativa la tala selectiva de árboles en la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y mamíferos pequeños terrestres en la reserva?” (pp. 31).

El **texto original** recalca que obviamente es imposible tomar todos los datos que pertenecen a la Pregunta de trabajo a través de la reserva como un todo y durante todos los momentos de un período de un año. Por lo tanto hay que tomar decisiones sobre cómo serán las unidades (*unidades de evaluación*) en que se tomarán los datos sobre la abundancia y diversidad de los tres grupos, y dónde y cuándo colocarlas. Se decide que la unidad de evaluación para tomar datos de aves será un transecto de 1 km en zigzag, recorrido lentamente por un periodo estándar de dos horas (06:00-08:00) por un conocedor de aves que registra todas las aves vistas u oídas dentro de un “túnel” con radio de 50 m. La unidad de evaluación para tomar datos de ranas será otro transecto, de 250 m en zigzag recorrido más lentamente todavía por dos horas (21:00 – 23:00) por un conocedor de

anfibios que registra todas las ranas encontradas en el follaje, hojarasca y suelo dentro de un “túnel” de 2 x 2 m. La unidad de evaluación para tomar datos de pequeños mamíferos consiste en una grilla de 200 x 200 m en que se disponen 400 trampas vivas Sherman, abiertas a las 18:00 horas y revisadas a las 06:00 horas del día siguiente.

Hay un número infinito de alternativas de dónde y cuándo colocar las unidades de evaluación a fin de obtener los datos de los vertebrados en las dos clases de bosque, talado y no talado, a través de la reserva. El capítulo 4 (pp. 35 – 40) presenta 13 alternativas de dónde y 3 alternativas de cuándo colocar las unidades de evaluación. Después presenta el concepto de las disímiles *fuentes de variación* entre un registro y otro (pp. 41 – 43), por ejemplo el número de especies de aves registradas en dos unidades de evaluación. Las fuentes son (a) la variación intrínseca, (b) la variación asociada con lo que usted cree que está comparando (los diferentes *niveles del factor de diseño*), en este caso bosque talado y bosque sin tala y (c) la variación asociada con factores biológicos y físicos verdaderos y reconocibles por quienquiera que sepa de la historia natural (por ejemplo, la variación de la avifauna entre microhábitats o estaciones) pero no incluidos consciente o explícitamente en la Pregunta de trabajo. Se destaca el hecho de que si usted arma e implementa el diseño usando su sentido común y aprovechando su conocimiento de la historia natural, la variación asociada con otros factores biológicos y físicos simplemente se suma a la variación verdaderamente intrínseca y aumenta el grado de variabilidad entre dato y dato, sin tergiversar la relación entre aquellos datos y el factor de diseño (es decir, lo que querías comparar, y ver el paso 8 de este capítulo 5.4). Por otro lado un diseño mal planteado puede sumar la variación asociada con otros factores no incluidos en la Pregunta a la variación ocasionada por los diferentes niveles el factor de diseño. Si eso sucede, los resultados sí

tergiversarán la verdadera relación entre los datos y lo que usted pensaba y sigue pensando que era el factor de diseño solo, sin que usted se dé cuenta de eso. Los datos infectados por “factores alineados” (en inglés, “confounding factors” y ahora en este Suplemento “factores tramposos”) darán una falsa impresión, exagerando, obviando o hasta invirtiendo la relación verdadera entre los datos y el factor de diseño que quería investigar. Entonces, al diseñar el estudio usted debe asegurarse de que esté realmente investigando la relación entre el factor de diseño (lo que está comparando) y los registros o datos (lo que está midiendo) sin la interferencia de “factores alineados”, y de que pueda distinguir, por lo menos de manera estimativa, la variación entre registros que se debe al factor de diseño, de aquella variación intrínseca entre registros.

Esto quiere decir que los dos fundamentos para el buen diseño del estudio son (a) el conocimiento

de la historia natural y (b) el sentido común. Por ende el diseño riguroso de una indagación está tanto al alcance del campesino o guardaparque como al alcance del ecólogo o conservacionista profesional, como usted vio en el capítulo 5.3 y verá más adelante en éste y el 5.10. La mayor parte del capítulo 4 se dedica a una esquema detallado de 17 pasos cuyo fin es alcanzar el diseño mejor, o menos malo, que esté a su alcance dadas las limitaciones de tiempo y esfuerzo... antes de tomar el primer dato del estudio en sí (el paso 18). Lamentablemente la mayoría de trabajos publicados en la ecología básica y aplicada presenta fallas de diseño menores o graves, básicamente porque sus autores empezaron por el paso 18 (“¡hágalo! ¡tome los datos!”) sin haber pasado por un cuidadoso proceso previo de diseño. El capítulo termina hablando de dos conceptos relacionados íntimamente con el diseño: el concepto de la ética en los estudios de campo, y el concepto del monitoreo.

CAMBIA, TODO CAMBIA

► ¿Por qué “diseño” y qué quiere decir?

Antes de nada le presentamos un nuevo glosario informal de la terminología de diseño, el recuadro

5.4.1. *El antiguo recuadro 4.1 como un todo (pp. 32-34) debe reemplazarse por este, el 5.4.1.*

Recuadro 5.4.1

<i>Caso:</i>	Ver “Unidad de respuesta”.
<i>Censo:</i>	Una de las muy pocas indagaciones donde se logra obtener todos los registros (es decir, tomar todos los datos) a que se refiere la Pregunta de trabajo. Ver “Muestreo”.
<i>Clases de datos:</i>	Las diferentes maneras de caracterizar lo que se está midiendo (la variable de respuesta) según su naturaleza particular o a veces según el instrumento de medición. Los <u>datos de intervalo</u> son aquellos obtenidos cuando la variable de respuesta se mide hasta decimales. Los <u>datos ordinales</u> son aquellos obtenidos cuando las diferentes observaciones se pueden ordenar entre sí pero no llegan hasta decimales. Cuando se caracteriza lo que se mide cualitativa en vez de cuantitativamente, los datos son <u>nominales</u> o <u>clasificatorios</u> . Estos son tan reales y valiosos como los datos ordinales o de intervalo pero las observaciones no pueden ser ordenadas entre sí, sólo asignadas a categorías. El sexo, la especie o el color de los ojos son ejemplos de datos nominales. ¡No confunda las clases de datos (lo que se refiere al paso 9) con las clases de niveles del factor de diseño (el paso 5)!.

<p><i>Dato básico:</i></p>	<p>El dato que se registra en una unidad de evaluación. Puede ser nominal, ordinal o de intervalo.</p>
<p><i>Dato derivado:</i></p>	<p>En diseños con submuestreo, un dato que resuma los datos básicos a través de las varias submuestras de una misma unidad de respuesta. Puede ser nominal, ordinal o de intervalo. En casi todos los estudios con submuestreo hay maneras alternativas de resumir los datos básicos y por ende alternativas de datos derivados (ver el capítulo 5.5). En algunos estudios como los de diversidad biológica o de estructura de poblaciones, este resumen de los datos básicos se realiza por medio de una representación gráfica (por ejemplo un grafico de barras o uno de rango abundancia, ver el capítulo 5.9).</p>
<p><i>Diseño de casos entremezclados:</i></p>	<p>Según la naturaleza de lo que usted está comparando, es factible intercalar entre sí las unidades de respuesta (los casos) que pertenecen a los diferentes niveles del factor de diseño. Por lo general hay dos alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Diseño al azar (diseño aleatorizado o de aleatorización, diseño de tratamientos aleatorizados):</i> las unidades de respuesta (los casos) de los diferentes niveles están entremezclados al azar con ojos algo abiertos, a través del ámbito de la Pregunta en el espacio, el tiempo y/u otros aspectos capaces de volverse factores tramposos. Es válido tanto para diseños con niveles discretos como para aquellos con niveles continuos (ver abajo). AVISO: el azar puro, en general, no vale. Sus ojos deben estar algo abiertos a fin de que los casos estén bien intercalados y esparcidos, y que cubran el ámbito entero definido por la Pregunta. • <i>Diseño en (de) bloques:</i> en una misma región espacial o un mismo periodo de tiempo se encuentra un conjunto completo de unidades de respuesta (casos), un caso (o 2, o 3 u otro número uniforme) por cada uno de los niveles <u>discretos</u> del factor de diseño. Los <i>bloques</i> en sí están distribuidos a través de todo el ámbito espacial y temporal de la Pregunta. Obviamente éste es válido sólo para diseños con niveles discretos, no continuos.
<p><i>Diseño de casos segregados:</i></p>	<p>Según la naturaleza de lo que usted está comparando, no es factible intercalar entre sí las unidades de respuesta (los casos) que pertenecen a los diferentes niveles del factor de diseño. Por ejemplo, en una comparación entre zonas de un bosque determinado y zonas de otro bosque determinado no es posible intercalar las zonas de los diferentes bosques. En una comparación entre periodos de tiempo de las dos épocas de un mismo año no es posible intercalar los días de las dos épocas. Sin embargo, los casos que se refieren a un mismo nivel (un ambiente o tiempo determinado) siguen dispersándose a través de todo el ámbito de dicho ambiente o tiempo.</p>
<p><i>Estudio de observación (estudio no experimental):</i></p>	<p>Usted trabaja con unidades de respuesta (casos) que ya muestran, o pertenecen a, sus niveles preexistentes del factor de diseño.</p>

<p><i>Estudio experimental (estudio de manipulación, experimento):</i></p>	<p>Al inicio las unidades de respuesta (los casos) son semejantes entre sí. Luego, al azar con ojos algo abiertos, usted mismo le asigna a cada uno su “tratamiento” o nivel determinado del factor de diseño. Después de ser asignado a sus tratamientos las unidades de respuesta o casos también pueden ser llamadas “unidades experimentales”.</p>
<p><i>Factor de diseño:</i></p>	<p>El concepto eje de lo que usted está comparando. Es el factor cuyo posible efecto cuantitativo sobre lo que está midiendo (la variable de respuesta) se pretende examinar y alrededor del cual se diseña la indagación. En algunas indagaciones el factor de diseño puede ser llamado <i>factor de tratamiento</i>, pero este término es mejor limitarlo a estudios experimentales con factores de diseño con niveles discretos (ver “Niveles del factor de diseño”). A menudo en los análisis estadísticos el factor de diseño se trata como la <i>variable independiente</i>.</p>
<p><i>Factor tramposo (ex factor alineado):</i></p>	<p>Un fenómeno que no se incluyó en su Inquietud Particular o Pregunta pero está incidiendo de manera direccional y oculta en lo que usted está midiendo (la variable de respuesta). Éste puede exagerar, disminuir o hasta contradecir la incidencia verdadera de lo que usted creía que estaba comparando (el factor de diseño) sobre los valores de la variable de respuesta. Por lo tanto usted atribuye equivocadamente al factor de diseño solo las tendencias (o falta de ellas) encontradas en los datos tomados sin darse cuenta del efecto oculto del factor tramposo. Esto puede tener consecuencias graves durante la interpretación y aplicación de los resultados. Generalmente usted podrá controlar los factores tramposos implantando un diseño al azar (con ojos bastante abiertos) o en bloques. Sin embargo, la selección de <i>metodologías</i> o <i>unidades de evaluación</i> inapropiadas también puede introducir factores tramposos en su indagación y por ende esas selecciones también deben hacerse con cuidado.</p>
<p><i>Fuentes de variación:</i></p>	<p>Las posibles causas de la variación en el valor de la variable de respuesta entre las unidades de evaluación, es decir entre los registros. Éstas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Variación intrínseca</i>: la variación “natural” entre diferentes observaciones que siempre existe aun en ausencia de una reconocida influencia externa. Después de todo, usted nunca encontrará dos unidades de evaluación o de respuesta que sean exactamente idénticas. También se llama “error” o “error de muestreo”, pero la variación intrínseca no es error: es la realidad. Por un lado, si usted está submuestreando hay variación intrínseca entre las diferentes unidades de evaluación (submuestras) dentro de una misma unidad de respuesta. Por otro, si no ha submuestreado o si ha submuestreado y resumido las submuestras para darle un solo valor a la unidad de respuesta como un todo, hay variación intrínseca entre las unidades de respuestas de un mismo nivel del factor de diseño. • <i>Variación asociada con el factor de diseño</i>: aquella variación entre los valores de la variable de respuesta de las unidades de respuesta que se debe al hecho de pertenecer a los diferentes niveles del factor de diseño, sean estos discretos o continuos. • <i>Variación asociada con las condiciones particulares en que se encuentra la unidad de respuesta, aparte de sus niveles particulares del factor de diseño mismo...</i>

<p><i>Fuentes de variación:</i> (continuación)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>la que proviene de los fenómenos reconocibles de la historia natural pero no tiene ninguna relación firme con los diferentes niveles del factor de diseño:</i> en la práctica no se puede separar de la variación intrínseca, sin embargo no la confunde con la variación asociada con el factor de diseño. Por ejemplo, en un estudio del crecimiento de dos especies de arbusto, ambos encontrados a través del bosque, la variación en el tipo y la humedad de suelo, la pendiente, el grado de insolación y mucho más incrementará la variación de la tasa de crecimiento entre uno y otro arbusto de cada una de las dos especies. Si el investigador reconoce esas posibles influencias y diseña bien el estudio de azar o de bloques, no se vuelven factores tramposos sino sólo hace más difícil evaluar la diferencia entre las dos especies. • <i>la que sí tiene una relación con los distintos niveles del factor de diseño:</i> esta variación se debe a los efectos ocultos de un factor tramposo, o de varios. Existe solamente en indagaciones mal diseñadas, mal analizadas y/o mal interpretadas donde no se reconoce la existencia de esta variación y por ende se adjudica su efecto al factor de diseño solo. Por ejemplo, si a pesar de la distribución de arbustos de ambas especies a través del bosque el investigador selecciona ejemplares de la primera sólo en el sector S del bosque y ejemplares de la segunda sólo en el sector N, es probable que la variación en el tipo de suelo, que también podría variar entre el N y el S, se vuelva un factor tramposo.
<p><i>Metodología:</i></p>	<p>La técnica estandarizada que usted emplea para medir lo que va a medir (la variable de respuesta) en cada unidad de <i>evaluación</i>. A veces incluye el uso de algún aparato simple o sofisticado.</p>
<p><i>Muestreo:</i></p>	<p>Una indagación donde por limitaciones de tiempo, esfuerzo, la historia natural y/o el alcance espacio temporal de la Pregunta de trabajo se puede obtener sólo algunos de los registros (tomar algunos de los datos) del número grande hasta infinito de ellos a que se refiere dicha Pregunta.</p>
<p><i>Niveles del factor de diseño:</i></p>	<p>Las condiciones particulares que usted está comparando. Los niveles pueden ser <i>discretos</i> o <i>continuos</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Niveles discretos (discontinuos, categóricos):</i> sólo existen unos pocos niveles distintos entre sí, sean naturales o arbitrarias las distinciones, y cada unidad de respuesta (caso) cae claramente en uno u otro. Aquellos casos que pertenecen a un mismo nivel se llaman <i>réplicas</i>. A veces, y especialmente en los estudios experimentales, los niveles discretos se llaman <i>tratamientos</i>. • <i>Niveles continuos:</i> y “cada una (...)” de las unidades de respuesta (los casos) puede tener su condición única de lo que usted está comparando. Por lo tanto no hay réplicas.
<p><i>Pregunta de trabajo:</i></p>	<p>Lo que usted propone basado en: su Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular, el uso del signo de interrogación y el proceso de cumplir con las cinco pautas. La Pregunta debe especificar el ámbito de la indagación que le sigue. También debe especificar, o referirse claramente a, lo que se comparará (el o los factor(es) de diseño), cómo serán las unidades de respuesta (los casos) de lo que se comparará y la naturaleza general, aunque no necesariamente los detalles, de lo que se medirá (la o las variable(s) de respuesta) hasta la metodología empleada en unos estudios.</p>

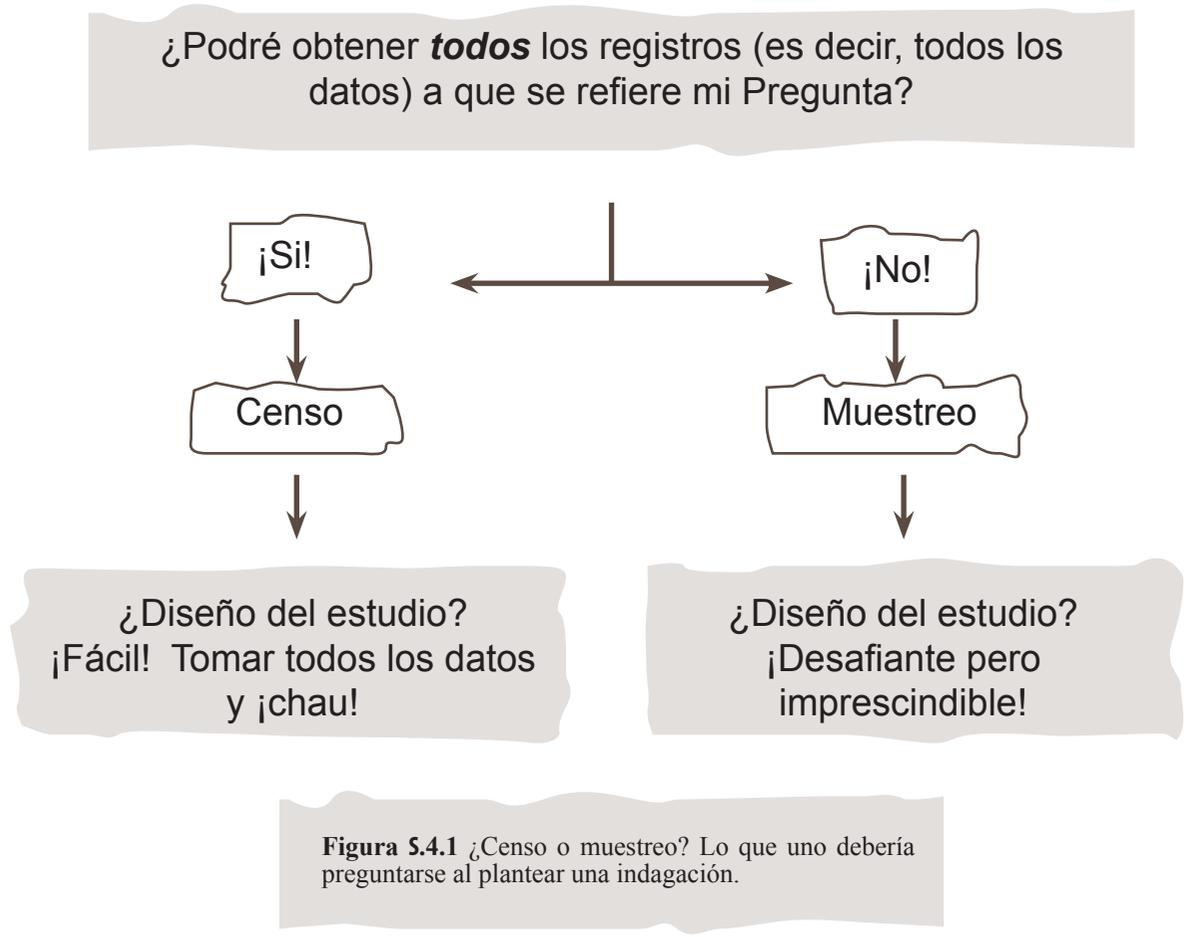
<i>Premuestreo:</i>	Un reconocimiento piloto o preliminar del ámbito donde se realizará el estudio, después de plantear la versión inicial de la Pregunta. Para que sea un premuestreo útil se debería: definir claramente lo que se va a medir, según la Pregunta (la variable de respuesta), estimar grosso modo la tendencia central y variabilidad de la variable de respuesta a fin de decidir en el tamaño de muestra, probar metodologías y unidades de evaluación alternativas y decidir si hará falta submuestrear.
<i>Réplicas:</i>	Las distintas unidades de respuesta (casos) que pertenecen a un determinado nivel <i>discreto</i> del factor de diseño.
<i>Seudorreplicación:</i>	El pecado de tomar cada una de las diferentes unidades de <i>evaluación</i> (submuestras) dentro de una misma unidad de <i>respuesta (caso)</i> como una réplica verdadera en sí, es decir como unidades de respuesta (casos) independientes. Si usted quiere ser absuelto, debe cambiar el diseño o la Pregunta, siempre teniendo en cuenta que los casos deben ser independientes entre sí a escala de la Pregunta.
<i>Submuestrear:</i>	Establecer un diseño y metodología que empleen submuestras. A menudo esto es útil o aún necesario. Otras veces es una pérdida de tiempo y energía que serían mejor aplicadas aumentando el número de casos (unidades de respuesta). También un descuido del submuestreador le lleva fácilmente a cometer el pecado mortal (y cada vez más común) de la seudorreplicación.
<i>Submuestras:</i>	Múltiples unidades de evaluación examinadas dentro de una misma unidad de respuesta (caso), a fin de darle al caso como un todo un valor más confiable de lo que se está midiendo (variable de respuesta). No confunda “submuestra”, la que se refiere a lo que está midiendo, con “réplica”, la que se refiere a lo que está comparando (ver “Seudorreplicación”).
<i>Unidad de evaluación:</i>	La unidad uniforme en la cual se mide la variable de respuesta dentro de una unidad de <i>respuesta (caso)</i> particular. En unas pocas indagaciones la unidad de evaluación abarca gran parte o casi toda la unidad de respuesta en sí pero todavía se define más estrechamente. Si la Pregunta trata de la herbivoría de hojas y la unidad de respuesta es una hoja, la unidad de evaluación será “la hoja en el momento de revisarse”. En muchas indagaciones la unidad de evaluación es bastante más chica y más estrechamente definida que la unidad de respuesta y es teóricamente posible emplear varias unidades de evaluación (<i>submuestras</i>) por una misma unidad de respuesta (caso). A menudo es necesario definir las dimensiones de la unidad de evaluación no sólo en el espacio sino también en el tiempo. Según algunas Preguntas, principalmente aquellas referidas a la diversidad de especies, la unidad de evaluación puede ser un individuo (ver el capítulo 5.9).
<i>Unidad de respuesta (caso):</i>	Un ejemplar independiente de lo que se está <i>comparando</i> , a escala de la Pregunta. Es decir, es la unidad básica de diseño y análisis; es la unidad mínima individual en que se manifiestan los efectos del factor o de los factores de diseño. Cada unidad de respuesta puede tomar o corresponder a un solo nivel del factor de diseño o combinación de niveles de los varios factores. En los estudios experimentales, la unidad de respuesta puede denominarse la <i>unidad experimental</i> o <i>testigo experimental</i> .

Variable de respuesta:

Lo que se mide al llegar a la unidad de respuesta (caso), cuya variación con respecto al factor de diseño es el foco de su indagación y cuyo valor u otra característica se observa y registra para cada unidad de evaluación. Si está submuestreando, para minimizar el riesgo de cometer seudorreplicación debe caracterizar toda la unidad de respuesta con un solo valor u otra representación de la variable de respuesta (por ejemplo, la media o la mediana de los valores de las submuestras; un gráfico de rango abundancia) antes de proceder con el análisis de datos. A menudo la variable de respuesta se trata como la *variable dependiente* en los análisis estadísticos.

Le falta al capítulo 4 del **texto original**, un paso imprescindible que lo habría vinculado mejor con el capítulo 3: el esquema de la figura 5.4.1. Una vez planteada su Pregunta de trabajo según todos los criterios de los capítulos 3 y 5.3, usted debe preguntarse si está a su alcance realizar un *censo* completo o no. [OJO: un “censo” en el campo de diseño de investigaciones (figura 5.4.1), definido en el recuadro 5.4.1, no tiene nada que ver con el uso tradicional e inexacta del término “censo” por los biólogos hablando de un “censo de aves” o “censo de grandes mamíferos”, por ejemplo.] Pocos estudios -muy pocos- son realmente censos. Los que hemos

encontrado suelen plantearse en Cuba, donde las áreas protegidas tienden a ser chicas. Por ejemplo, la Pregunta “En la temporada de reproducción de 2007 ¿cómo varía la densidad de nidos y la composición de especies de aves a qué pertenecen, entre el monte del sector de amortiguamiento antropizado y el monte del sector menos perturbado de la Reserva Ecológica Siboney-Juticí?”, luego reformulado según las consignas del capítulo 5.9, llevó a un censo completo porque el biólogo podía alcanzar y revisar todos los nidos de aves en ambos hábitats sin perder ni uno.



Si todos los estudios de campo fueran censos podríamos saltar la mayoría del resto del capítulo 4 y de éste, el 5.4. Sin embargo, es muy poco probable que usted pueda responder “¡Sí!” a la pregunta que encabeza la figura 5.4.1. Casi siempre su Pregunta de trabajo se refiere a un número grande hasta infinito de datos, su respuesta honesta a la figura 5.4.1 debe ser “¡No!” y por definición su indagación será un *muestreo* consistiendo en una proporción microscópica de todos los registros que teóricamente podrías tomar (recuadro 5.4.1). Su muestreo puede ser pésimo o puede ser menos malo. Nunca será muy bueno, ya que la única indagación “perfecta” es ... un censo verdadero. A fin de que su diseño sea el menos malo posible, es imprescindible que usted emprenda el proceso cuidadoso del diseño del estudio.

¿Qué quiere decir “diseño”? Reformulando la definición anterior (pp. 43), el diseño del estudio es:

1. *el proceso de ajustar la toma de datos a lo que las palabras de la Pregunta mandan... o, de ajustar las palabras de la Pregunta a lo que la toma de datos permite o ha permitido.*

O, en palabras de nuestra colega Andrea Caselli, es:

2. *la búsqueda de la lectura más fiel de lo que queremos saber.*

Las definiciones 1 y 2 son complementarias y ambas juegan papeles claves en el actualizado proceso de diseño, a continuación.

► ¿Cómo se debería haber redactado la Pregunta de trabajo sobre la tala de bosque, según lo presentado en el capítulo 5.3?

El hecho es que los efectos de la tala selectiva de árboles sobre la estructura física del hábitat, la vegetación y la fauna de toda clase siguen siendo el Concepto de Fondo de un sinnúmero de indagaciones y debates acalorados en la conservación biológica y el manejo de bosques a través del mundo (ver por ejemplo Putz *et al.* 2012, Ramage *et al.* 2013). El ejemplo del **texto original**, ligeramente modificado, todavía sirve como herramienta didáctica en los

cursos que nosotros y los colegas impartimos. Sin embargo la siguiente presentación de dos variantes de la Pregunta inicial (antes de los ajustes que los pasos de diseño les van a exigir a continuación) refleja mejor no sólo la historia natural sino también el contexto sociopolítico, sigue todas las consignas del capítulo 5.3 y es considerablemente más completa y rigurosa que la presentación en el **texto original** (pp. 31 y 47). Las diferencias entre las dos Observaciones, Conceptos de Fondo e Inquietudes Particulares le podrían parecer triviales en este momento, pero como verá llevan a Preguntas, diseños, análisis y aplicaciones fundamentalmente diferentes.

Observación 1. La reserva fue creada por decreto 5 años atrás, con el propósito de proteger tres grupos de vertebrados en particular: aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque. Antes de aquella fecha las comunidades de la zona de amortiguamiento se habían dedicado a la tala de bosque en numerosas concesiones demarcadas como rectángulos de unas 35 a 80 hectáreas de superficie. Según el decreto se detuvo la tala por completo. Actualmente las comunidades están reclamando porque ya no tienen madera para la construcción o para vender. Sensibles a las relaciones con las comunidades, llegamos a un acuerdo con ellas: tenemos un año para obtener evidencia objetiva que hable del posible efecto de la tala de bosque sobre los tres grupos en cuestión y según ella se tomará la decisión final: (a) *no se puede talar*, se debe mantener la moratoria absoluta sobre la tala, o (b) *sí se puede*, podrán volver a talar el bosque a la misma intensidad como antes.

Concepto de Fondo 1. Por lo general la tala selectiva de árboles causa cambios llamativos en la estructura del bosque remanente y así incide significativamente en la abundancia, diversidad y composición de su fauna.

Inquietud Particular 1. ¿Incide significativamente la tala selectiva de árboles en los conjuntos de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la reserva?

Pregunta de trabajo 1 (versión inicial). ¿Cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la reserva, entre bosque talado selectivamente y bosque sin tala?

Y ahora...

Observación 2. La reserva fue creada por decreto 5 años atrás, con el propósito de proteger tres grupos de vertebrados en particular: aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque. Antes de aquella fecha las comunidades de la zona de amortiguamiento se habían dedicado a la tala de bosque en numerosas concesiones demarcadas como rectángulos de unas 35 a 80 hectáreas de superficie. Según el decreto se detuvo la tala por completo. Actualmente las comunidades están reclamando porque ya no tienen madera para la construcción o para vender. Sensibles a las relaciones con las comunidades, llegamos a un acuerdo con ellas: tenemos un año para obtener evidencia objetiva que hable del posible efecto de la tala de bosque sobre los tres grupos en cuestión y según ella se tomará la decisión final: *pueden volver a talar el bosque pero sólo hasta cierta intensidad establecida, y es posible que esa intensidad sea muy ligera.*

Concepto de Fondo 2. Por lo general la tala selectiva de árboles causa cambios en la estructura del bosque remanente y así incide en la abundancia, diversidad y composición de la fauna. *Estos cambios y sus efectos sobre la fauna suelen variar según la intensidad de la tala.*

Inquietud Particular 2. ¿A qué intensidad la tala selectiva de árboles empieza a incidir significativamente en los conjuntos de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso de bosque en la reserva?

Pregunta de trabajo 2 (versión inicial). ¿Cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la

reserva, entre bosque sin tala y bosque talado selectivamente *a una variedad de intensidades?*

► Diseños alternativos para contestar las dos Preguntas

Los 16 diseños del capítulo 4 (pp. 37-40), de calidades comprendidas entre pésima y menos mala e incluyendo el experimento del diseño 13, hablan sólo de la Pregunta de trabajo 1. [Además deberían haber usado la palabra “concesiones” en lugar de “parcelas”, ver el paso 11 abajo.] En el **texto original** no se había desarrollado la segunda Pregunta. Por ende aquí agregamos los siguientes diseños según la Pregunta 2 y sus antecedentes. Como es el caso de los diseños 1 – 16, de estos tres diseños nuevos uno es pésimo, otro menos malo y el otro un experimento análogo al diseño 13. ¿Cuál es cuál?

17. Se disponen 12 unidades de evaluación, una en cada una de 11 concesiones taladas selectivamente en el pasado con distintos grados de intensidad y una en una región sin tala. Según su selección de lugares al azar, 3 de sus unidades de evaluación caen en concesiones de bosque húmedo tropical que por casualidad fueron las taladas muy ligeramente y 1 unidad cae en una región sin tala del mismo bosque húmedo tropical; 4 unidades de evaluación caen por casualidad en aquellas concesiones del bosque nublado de altura que fueron las taladas más intensivamente y 4 caen por casualidad en aquellas concesiones de bosque seco tropical que fueron taladas a intensidad intermedia.

18. Se disponen 12 unidades de evaluación, una en cada una de 11 concesiones taladas selectivamente en el pasado con distintos grados de intensidad y una en una región sin tala. Según su selección de lugares al azar pero con ojos medio abiertos, tanto las unidades de evaluación de bosque húmedo tropical como las de bosque nublado y las de bosque seco tropical caen en concesiones que presentan la gama entera del grado de intensidad de la tala.

19. Semejante a la combinación de los diseños 13 y 18: primero se seleccionan al azar 12 regiones del bosque continuo sin tala a través de los tres hábitats. En el mapa usted demarca un rectángulo por cada región, cada uno de la misma área como una concesión típica TS (unas 60 hectáreas). Según la selección al azar con ojos medio abiertos, se asigna a cada concesión la intensidad de la tala que experimentará, desde ninguna hasta muy fuerte. Se disponen 12 unidades de evaluación, una en cada una de las 11 concesiones + 1 región sin tala. En un momento dado se realiza la tala selectiva a las intensidades indicadas, y el estudio se realiza durante el año que sigue.

¡Ahora sí!

Las fuentes de variación entre registros

Faltan dos aclaraciones a la sección del **texto original** sobre fuentes de variación entre registro y registro (pp. 41-43). (1) La variación intrínseca existe a dos escalas fundamentalmente diferentes, no sólo una como lo que se dio a entender en 2004: (a) entre las mediciones repetidas al submuestrear una misma *unidad de respuesta*, es decir entre los *datos básicos* obtenidos en las diferentes *submuestras* (paso 12 de este capítulo 5.4); y (b) entre los datos básicos (si no ha submuestreado) o entre los *datos derivados* (si lo han hecho) que representan las diferentes *unidades de respuesta* (paso 6) de un mismo factor de diseño donde cada una ya está caracterizada por un solo registro (ver el capítulo 5.5). (2) Ahora los “factores alineados” llevan un nombre más llamativo: *factores tramposos* (recuadro 5.4.1). Al fin y al cabo un diseño que permite que aquellos factores no incluidos en la Pregunta se confundan con el factor de diseño, le hace una trampa al investigador.

► Nuevo proceso de diseñar una indagación en 17 pasos... + 1 y + 1 más

El simple número de pasos del proceso y los fundamentos de algunos han cambiado poco desde la salida del texto original. Sin embargo hay nuevos pasos, se han descartado o combinado otros y los

pasos sobrevivientes, más la secuencia como un todo, han experimentado cambios radicales.

Ahora los primeros 17 pasos se agrupan en cuatro fases: tres pasos para enfocarnos en la Pregunta y lo que sus palabras mandan, cinco para definir rigurosamente (y a menudo repensar) lo que se está comparando, cuatro para definir rigurosamente (y a menudo repensar) lo que se está midiendo y finalmente cinco de ajuste, ética, logística y pensamiento con antelación en el análisis y presentación de los resultados. Como usted verá, en todos los pasos desde el primero en adelante es posible o probable que la redacción de la Pregunta de trabajo deba ajustarse. La separación explícita entre la segunda fase y la tercera, es decir la separación entre *lo que se está comparando* y *lo que se está midiendo*, es imprescindible. **Usted debe definir lo que está comparando hasta el último detalle de las unidades de respuesta antes de pensar ni por un nanosegundo en lo que va a medir, cómo y en qué unidad de evaluación.** El no cumplir explícitamente con esta consigna ha llevado a la mayoría de los errores fundamentales y graves (incluyendo la seudorreplicación, ver el recuadro 5.4.1 y el paso 12 abajo) en tesis, trabajos publicados y aplicaciones en nuestros campos.

De hecho, debido a su deseo de apurarse mostrando y discutiendo los diseños alternativos para la indagación sobre la tala de bosque (pp. 37-40) antes de entrar en la secuencia de los pasos de diseño, aquel autor Feinsinger (2004) cometió el error grave e imperdonable de presentar y definir las *unidades de evaluación* (que pertenecen a lo que se *mide*) antes de la primera palabra o pensamiento acerca de lo que se *compara*. Ese error ya había llevado al mismo autor a cometer el pecado mortal de la seudorreplicación en la primera edición del texto, en inglés (Feinsinger 2001: pp. 197, nota 7), aunque ese error se corrigió algo en la edición en castellano (Feinsinger 2004). ¡Qué vergüenza! ¡Feinsinger no debería haber definido las unidades de evaluación antes de su tiempo (el paso 11, abajo)! Usted ¡no lo haga nunca! ¡Siga fielmente la secuencia de pasos como se encuentran en el recuadro 5.4.2 y en las siguiente secciones!

Recuadro 5.4.2 Los 17 + 1 pasos para diseñar su estudio

LOS PASOS DE LA PREGUNTA Y LO QUE SUS PALABRAS MANDAN

1	Volver a revisar la Pregunta de trabajo, ahora teniendo en cuenta no sólo el Concepto de Fondo, la Inquietud Particular y las cinco pautas sino también la historia natural de lo que está estudiando, en particular las escalas temporales y espaciales de sus procesos. Cuestionarse si: (a) la duración del estudio, (b) el espacio considerado en el mismo y (c) los elementos claves de su Pregunta (lo que comparará, lo que medirá), le proveerán de una lectura verdaderamente fiel de los sucesos con más significado biológico e importancia en cuanto a la Inquietud Particular que estás intentando resolver. Para ayudarse, pensar en cómo podrá interpretar biológicamente y/o aplicar sus resultados objetivamente al finalizar el estudio. Si le surgen dudas, modificar o replantear la Pregunta.
2	Volver a revisar la Pregunta ajustada: ¿sus palabras ya precisan el espacio y tiempo que le <u>importa</u> investigar y le será <u>factible</u> investigar como un todo? Si aún no lo hace, ajustarla.
3	Decidir si la indagación será de tiempo fijo o de tiempo indefinido (el <i>monitoreo</i>). A la vez elegir entre hacer un <i>experimento (estudio de manipulación)</i> o un <i>estudio de observación</i> . Si se decide realizar un experimento, el paso 8 se conocerá como el <i>diseño experimental</i> .

LOS PASOS DE LO QUE SE ESTÁ COMPARANDO

4	Especificar el eje principal de lo que va a comparar: el <i>factor de diseño</i> . Puede haber más de uno, sin embargo referirse a la cuarta pauta para formular Preguntas.
5	Definir los <i>niveles</i> del factor de diseño y precisar su clase, <i>continuos</i> o <i>discretos</i> . En caso de que sean discretos, especificar qué niveles comparará y precisar su naturaleza: naturales o arbitrarios. Si son discretos y de naturaleza arbitraria, precise cuáles son los límites espaciales y/o temporales de cada nivel y justificar explícitamente su selección.
6	Especificar cómo será una <i>unidad de respuesta</i> (un <i>caso</i>) independiente, de un nivel dado del factor de diseño. Especificar su delineación: natural o arbitraria. Si las unidades de respuesta son de delineación arbitraria, explicar cómo se definirán sus límites espaciales y/o temporales, y justificar explícitamente esta selección.
7	Si la Pregunta todavía no habla por sí de las unidades de respuesta (lo que suele pasar si las unidades de respuesta o casos son arbitrarios), ajustar la misma para que precise explícitamente cómo serán, señalando con la letra “s” que habrá varias por cada nivel (niveles discretos) o simplemente un gran número (niveles continuos). Ahora volver a ajustar los pasos 4 y 5 según este ajuste de la Pregunta, a fin de que las unidades de respuesta (casos) estén precisadas explícitamente en las definiciones del factor de diseño (paso 4) y de sus niveles (paso 5).
8	Decidir cómo dispersar las unidades de respuesta (casos) a través de todas las dimensiones del espacio y del tiempo de tal forma de eliminar posibles factores tramposos, refiriéndose al recuadro S.4.4. A la vez asegurarse de haberlas dispersado a través del ámbito espacial y temporal que la Pregunta precisa, teniendo en cuenta la diferencia notoria entre diseños con <i>niveles (casos) entremezclados</i> y los con <i>niveles (casos) segregados</i> . Es imprescindible que usted dibuje un croquis, plano o esquema que muestre dónde y cuándo se ubicarán las unidades de respuesta (los casos). Ver texto para la explicación.

LOS PASOS DE LO QUE SE ESTÁ *MIDIENDO*

9	<p>Especificar lo que usted va a registrar (medir u observar) al llegar a una unidad de respuesta determinada (caso): la(s) <i>variable(s) de respuesta</i> (ver el paso 13). Si está submuestreando (ver paso 12), reconozca la diferencia notoria entre el <i>dato básico</i> y el <i>dato derivado</i> y definir ambos. ¿A qué <i>clase de datos</i> pertenece el dato básico y, si hay, el dato derivado: datos de intervalo, datos ordinales o datos nominales (y ver los casos excepcionales del capítulo S.9)?</p>
10	<p>Seleccionar cómo va a medir y registrar su variable de respuesta, incluyendo los equipos empleados. Es decir, ¿cómo se obtendrán los datos de la variable de respuesta a fin de alcanzar la lectura más fiel que sea posible de lo que quiere saber (ver el paso 13)? Esto es la <i>metodología</i>. Reconocer que muchas metodologías y hasta las más recomendadas no sólo le proveen de una lectura infiel de lo que quería medir sino que también pueden introducir factores tramposos, y si las usa tendrá que ajustar la Pregunta.</p>
11	<p>Seleccionar la <i>unidad de evaluación</i> en que se toma el dato básico (ver el paso 13). En cada una de ellas usted empleará su metodología (paso 10) para obtener el dato básico de la variable de respuesta (paso 9), así obteniendo datos de manera uniforme en cada una de las unidades de repuesta (los casos) de lo que está comparando. Especificar su delineación: natural o arbitraria. Si su delineación es arbitraria, explicar cómo será y justificar explícitamente su selección. Cuidar que su elección de la unidad de evaluación no introduzca factores tramposos (ejemplo: parcelas de tamaño fijo para Preguntas que tratan sobre la diversidad y composición de especies). De hecho si la Pregunta trata de la diversidad y composición de especies, tener cuidado especial en este paso y el paso 12 a fin de acercarse a una lectura fiel de esos conceptos, y revisar el capítulo S.9.</p>
12	<p>Decidir si hace falta emplear varias unidades de evaluación (<i>submuestras</i>) dentro de una misma unidad de respuesta (caso) a fin de darle un solo dato representativo de lo que se está midiendo (ver el paso 13), es decir un dato derivado (y ver los casos excepcionales del capítulo S.9). Si decide submuestrear, no tentarse a pensar en las submuestras dentro un mismo caso como si representaran casos distintos e independientes, es decir no cometer el pecado mortal de seudorreplicación. Dibujar un nuevo croquis o esquema, a otra escala que la del paso 8, de cómo serán sus decisiones según los pasos 11 y 12 al llegar a una unidad de respuesta (caso) determinada.</p>

LOS PASOS DE AJUSTE, ÉTICA, LOGÍSTICA Y ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN

13	<p>Siempre y cuando sea factible, hacer un <i>premuestreo</i> o reconocimiento preliminar a fin de ajustar las decisiones de los pasos 9 – 12 (la variable de respuesta, la metodología, la unidad de evaluación y el submuestreo), a fin de definir la naturaleza de las unidades de respuesta si son arbitrarias (paso 6) y a fin de obtener datos preliminares útiles al paso 14.</p>
14	<p>Decidir el <i>tamaño de la muestra</i>, es decir: el número de unidades de respuesta (casos) por cada nivel del factor de diseño, si los niveles son discretos, o el número total de casos si los niveles son continuos. La decisión debería basarse en los datos del premuestreo (paso 13) si lo ha podido realizar, y en su conocimiento de la historia natural. Si no es factible alcanzar el tamaño de muestra adecuado, volver a revisar los pasos 9, 10, 11 y 12 (y otros pasos más atrás) y hacer ajustes.</p>
15	<p>Revisar todos los pasos 8 - 14 inclusive, desde el punto de vista de la <i>ética</i>. Precisar cómo se va a minimizar los impactos perjudiciales del estudio sobre lo estudiado y el entorno, sin sacrificar la fuerza del diseño.</p>

16	Revisar los pasos 8 – 14 inclusive y decidir cuánto esfuerzo podrá invertir y cómo repartirlo. Preguntarse: ¿realmente podré realizar debidamente este estudio, o no? Si le surgen dudas, volver al paso 1 o hasta el Concepto de Fondo y la Inquietud Particular y empezar de nuevo.
17	Decidir provisionalmente en la manera de resumir, analizar y presentar los resultados. Si usted ha submuestreado (paso 12), antes de nada precisar y practicar cómo va a resumir los datos de las unidades de evaluación a fin de darle el dato representativo (derivado) para la unidad de respuesta como un todo. Si no ha submuestreado, la unidad de respuesta ya presenta un solo dato ¡obvio! En cualquier de los dos casos, precisar y practicar cómo va a analizar y presentar los resultados a través de las unidades de respuesta (casos) de los diferentes niveles, a fin de contestar la Pregunta. Si usted está empleando la inferencia estadística tradicional o “frecuentista” (es decir, las pruebas de la hipótesis nula), especificar la hipótesis nula estadística y la prueba a utilizar antes de seguir al paso 18, y si está trabajando con el concepto de “la significación estadística” también especificar el nivel de α .
SI NO SE HA DADO POR VENCIDO HASTA ABANDONAR LOS ESTUDIOS DE CAMPO Y HACERSE UN/A ABOGADO/A:	
18	¡HÁGALO! Manos a la obra ... ¡a seguir su diseño! Sin embargo...
19	Durante el transcurso del estudio en sí y más allá hasta el momento de entregar la tesis, informe o manuscrito, al enfrentar las realidades de la logística y la historia natural y al reconocer las limitaciones inesperadas pero insuperables que ellas imponen sobre los pasos 4 – 16 seguir evaluando y ajustando la Pregunta a fin de seguir cumpliendo con la primera definición de Diseño. Puede resultar que tenga que achicar la Pregunta. ¡Sea honesto, ético, reflexivo y humilde! Por otro lado es posible que pueda agrandar la Pregunta.

► **Ahora los pasos en detalle**

Desarrollo adicional del paso 1. Volver a revisar la Pregunta de trabajo, ahora teniendo en cuenta no sólo el Concepto de Fondo, la Inquietud Particular y las cinco pautas sino también la historia natural de lo que está estudiando, en particular las escalas temporales y espaciales de sus procesos. Cuestionarse si: (a) la duración del estudio, (b) el espacio considerado en el mismo y (c) los elementos claves de su Pregunta (lo que comparará, lo que medirá), le proveerán de una lectura verdaderamente fiel de los sucesos con más significado biológico e importancia en cuanto a la Inquietud Particular que estás intentando resolver. Para ayudarse, pensar en cómo podrá interpretar biológicamente y/o aplicar sus resultados objetivamente al finalizar el estudio. Si le surgen dudas, modificar o replantear la Pregunta.

El actual paso 1 combina el paso 15 y una parte del paso 1 del **texto original** pero va mucho más allá. Es fundamental, puesto que su evaluación explícita y crítica en este paso suele ocasionar ajustes a la Pregunta, acondicionar otros ajustes en los pasos que siguen y luego incidir notoriamente en la redacción de una Reflexión coherente y sincera (capítulo 5.5A). Este primer paso obliga al investigador a reconocer y tomar en cuenta la discordancia entre la escala temporal y espacial del punto de vista del ser humano y la escala temporal y espacial de muchos procesos ecológicos (capítulos 6 y 5.6).

Es muy frecuente que la escala espacial de variación en la vegetación, de miles de hectáreas, y la escala temporal de la sucesión ecológica sobrepasen notoriamente la escala del investigador como ser humano y sus capacidades logísticas. El efecto neto podría ser que el diseño del estudio, sin que se evalúe bien en este paso inicial, no le provea

al investigador de una lectura fiel de lo que quería saber. Hay un gran y creciente número de estudios publicados que tratan precisamente sobre uno u otro de los dos Conceptos de Fondo de nuestro ejemplo de la tala de bosque (los posibles efectos de la tala de bosque sobre la fauna) y muestran Inquietudes Particulares y Preguntas de trabajo muy semejantes a las nuestras. Analizando una muestra de aquellos estudios, Ramage *et al.* (2013) encontraron que la gran mayoría de sus autores terminaron sin comparar lo que ellos querían comparar inicialmente y seguían insistiendo que habían comparado. Sus diseños casi siempre terminaron pareciéndose al diseño 9 o, peor todavía, el diseño 7 de la figura 4.3 (pp. 39 del **texto original**): una concesión de bosque talada en un lugar comparada con un bosque sin tala o al costado o (peor) en otro lugar. Los trabajos no tomaron en cuenta la discordancia de escala espacial entre la investigación y lo investigado, y esa falta llevó a defectos en la redacción del título, en el diseño e interpretación del trabajo y, más inquietante todavía, posiblemente en las aplicaciones al manejo (ver Putz *et al.* 2012). La discordancia no es inevitable, ya que con pensamiento y esfuerzo es posible realizar un estudio fuerte que compare lo que los investigadores querían comparar y lleve a políticas de conservación y manejo bien fundadas. Ver por ejemplo el trabajo de Barlow *et al.* (2007), cuyo diseño se parece al diseño 12 de los nuestros (figura 4.3 del **texto original**).

De hecho Guerrero *et al.* (2013) extienden los fundamentos del paso 1 a las acciones y la política de la conservación. Estos autores comienzan el Resumen de su revisión clave así: “Muchos de los retos que enfrentan los profesionales de la conservación pueden ser catalogados como discordancia de escalas.” Esperamos que usted revise cuidadosamente tanto Guerrero *et al.* (2013) como Ramage *et al.* (2013) -ni hablar del resto de este Suplemento y el texto que está actualizando- y que siempre esté consciente de la urgencia de interpretar y aplicar con alto cuidado los estudios con una discordancia llamativa de escalas entre la Inquietud Particular por un lado, y por otro la Pregunta de trabajo verdadera (una vez ajustada según todos los pasos) y el diseño que la responde. Si le anima, para más práctica revise críticamente los

artículos originales cuyas Preguntas reformulamos en el capítulo 5.3, según lo que sus autores habían propuesto. Se encuentran las citas bibliográficas en la redacción previa, en las páginas 28 – 29 del **texto original**. Encontrará que muchas de las Preguntas han tendido “trampas de escala” a sus autores cuando proponían e interpretaban sus estudios, y no sólo los estudios que trataron sobre la tala de bosque.

No sólo la escala espacial de la historia natural sino también su escala temporal niega con frecuencia cooperar con lo deseado por los ecólogos y conservacionistas. El proceso de recuperación de la vegetación según la tala de bosque, es decir la sucesión ecológica, es un proceso lento aun en el bosque húmedo tropical. No es factible que un estudio al alcance del investigador humano logre “evaluar los efectos” de la tala de bosque integrados a lo largo de ese proceso. En nuestro ejemplo bastante realista de la tala de bosque del área protegida y la Inquietud Particular de sus posibles efectos sobre los tres grupos de vertebrados, podemos indagar sólo durante una “ventanilla” de tiempo de un año. Si terminamos comparando concesiones taladas ≥ 5 años atrás con bosque sin tala, como en los diseños 11 y 12 del **texto original** o el 18 de arriba, las concesiones ya habrán tenido bastante tiempo para recuperarse y sin duda los resultados subestimarán la magnitud de los cambios ocasionados por la tala durante los primeros meses y años que la siguieron. Por otro lado un estudio que comprende sólo el primer año después de la tala, tal como el diseño 13 del **texto original** o el diseño 19 de arriba, trata sólo sobre las heridas “abiertas y sangrantes” ocasionadas por la tala antes de que hayan tenido tiempo para “cicatrizarse” y así sin duda sobre estimará la magnitud de los cambios ocasionados por la tala a lo largo de la recuperación de la vegetación de ella.

Entonces ¿la solución es dejar de realizar estudios sobre la tala de bosque, u otros estudios con posibles discordancias de escala llamativas, con ilusiones de poder seleccionar pautas de manejo? ¡NO! La solución es cumplir con el paso 1, reconocer sus limitaciones reales, replantear la mejor y más honesta Pregunta de trabajo que sea posible, responderla por el diseño menos malo que sea posible según los demás

pasos 2 – 17 y, al realizar la Acción, reflexionar detenidamente e interpretar y aplicar los hallazgos con mucho cuidado, siempre tomando en cuenta la historia natural de todo (en este caso, la vegetación y los vertebrados) y respetando los diferentes puntos de vista sobre el espacio y el tiempo (capítulos 6 y 5.6). Por otro lado hay un sinnúmero de indagaciones importantes a la ecología básica o imprescindibles a la selección de pautas de manejo, que no presentan discordancias de escala. Ver la figura 5.3.1 y el paso 3, más abajo.

*Desarrollo adicional del paso 2. Volver a revisar la Pregunta ajustada: ¿sus palabras ya precisan el espacio y tiempo que le **importa** investigar y le será **factible** investigar como un todo? Si aún no lo hace, ajustarla.*

El paso 2 combina los antiguos pasos 3 y 1. Ahora adquiere más importancia y exige una exactitud mayor que lo sugerido por el **texto original**. Es crucial que la Pregunta precise no sólo el ámbito espacial del estudio sino también el ámbito temporal, para que el investigador no piense o hable de ámbitos más allá de los muestreados como si fueran “lo que es” (anexo 5.I y Feinsinger 2014). Siguiendo el razonamiento del **texto original** (pp. 44-46), para cumplir con este paso debemos hacer los siguientes ajustes a las dos Preguntas alternativas del ejemplo:

Pregunta de trabajo 1 (ajuste I). *Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la periferia de la reserva, entre bosque talado selectivamente y bosque sin tala?*

y

Pregunta de trabajo 2 (ajuste I). *Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la periferia de la reserva, entre bosque sin tala y bosque talado selectivamente a una variedad de intensidades?*

¡Ahora sí (por ahora... ya que los demás pasos requerirán más ajustes todavía)! Ya no incluiremos en el estudio, o en su interpretación y aplicación, la parte de la reserva que no nos preocupa (el corazón, bien fuera del alcance de los forestales) y además no supondremos inconscientemente que las tendencias que encontremos durante el único año del estudio se encontrarían en otros años, puesto que cada año es diferente (capítulos 6 y 5.6).

Desarrollo adicional del paso 3. Decidir si la indagación será de tiempo fijo o de tiempo indefinido (el monitoreo). Elegir entre hacer un experimento (estudio de manipulación) o un estudio de observación. Si se decide realizar un experimento, el paso 8 se conocerá como el diseño experimental.

El **texto original** trata sobre los experimentos de campo en su paso 2 pero posterga la discusión del concepto de “monitoreo” hasta el fin del capítulo, fuera de los pasos numerados del diseño en sí. Luego de una década más de intercambios con guardaparques y biólogos de la conservación metidos en proyectos de monitoreo, ahora nos damos cuenta de que la decisión de realizar un estudio de tiempo fijo o de tiempo indefinido (el monitoreo) debe tomarse en este momento del proceso de diseño. Hay una conexión íntima entre la decisión de realizar un experimento o un estudio de observación por un lado, y la de emprender un estudio de tiempo fijo o uno de monitoreo por otro. Finalmente reconocemos que aquel autor Feinsinger (2004: pp. 44-45) hizo una crítica demasiado fuerte de los experimentos. Sus críticas trataron sobre unas pocas clases de ellos, y él debería haber considerado explícitamente otros tipos de experimentos mucho más validos y relevantes a la indagación aplicada.

De hecho Feinsinger (2004) ya había descrito un experimento ejemplar, realista y netamente útil, con aplicaciones directas a la selección de pautas de manejo: la indagación del campesino ecuatoriano (pp. 15-17). ¿Por qué es ese experimento ejemplar, realista y netamente útil? Porque el campesino que realizó la indagación y seleccionó la pauta de manejo era el mismo que podía implementar y

conducir la pauta después. Todo era, y es, bajo su propio control. ¿Por qué son los experimentos sobre la tala de bosque, del diseño 13 (pp. 40) y el diseño 19 de arriba, menos útiles a pesar de “la belleza” de su diseño experimental? Porque los que realizarían la indagación y seleccionarían la pauta de manejo (el personal del área protegida y/o los biólogos) no son los mismos que la implementarían después, es decir los forestales. La manera de la tala experimental podría diferir mucho de la manera de la tala realizada después por los forestales, con criterios y metas muy diferentes a las de aquellas personas que realizaron el experimento.

Ese es el punto clave que separa los experimentos realistas de los poco realistas: si los que realizan el experimento son los mismos que implementan la pauta de manejo seleccionada o que hacen cumplirla, suele ser útil. El campesino indagando acerca de sus cultivos, el guardaparque indagando sobre la extracción de productos no maderables del bosque con el poder de vigilar y hacer cumplir la pauta de manejo después, están realizando experimentos realistas. Por otro lado hay un gran número de experimentos de campo básicos que pretenden aislar y evaluar posibles mecanismos ecológicos que, junto con un sinnúmero de otros mecanismos, están incidiendo en los procesos y patrones que observamos en la naturaleza. Nosotros seguimos creyendo que la gran mayoría de tales experimentos de campo consiste en ejercicios algo estériles a pesar de la excelencia de su diseño experimental y su publicación en revistas destacadas e indexadas.

De hecho el señuelo de la “ciencia experimental” es difícil de resistir aunque el estudio en sí no es un experimento. Encontramos cada vez más publicaciones, tanto en la ecología básica como en el manejo y la conservación, que tratan claramente sobre estudios de observación -no experimentos- pero cuyos títulos (y Resúmenes, Introducciones, Discusiones y hasta aplicaciones) emplean la palabra “efectos”, “influencia” u otra redacción que insinúe que se investigó directamente la relación causa-efecto, lo que quiere decir un experimento. Ver por ejemplo los siguientes títulos: “La influencia de la tala selectiva en la diversidad de especies de aves en

un bosque lluvioso guayanés” (Thiollay 1992; ver el capítulo 5.3) y “Efectos de la tala selectiva sobre las comunidades de murciélagos en el sureste de la Amazonía” (Peters *et al.* 2006). Ambos estudios fueron claramente de observación... además de mostrar diseños muy semejantes a los diseños 7 y 9 del **texto original** (figura 4.3). *Cabe recalcar que las palabras “efectos”, “influencia” e “incidencia”, y las relaciones causa-efecto a que se refieren, pueden comprobarse sólo mediante experimentos rigurosamente controlados, no por estudios de observación.* Aquellas palabras parecen incrementar la “sexitud” del trabajo ante los revisores y lectores pero son engaños aunque sean inconscientes. Tergiversan por completo los estudios, llevan a interpretaciones erróneas y, si tratan sobre el manejo y la conservación, llevan a aplicaciones sin fundamento y posiblemente perjudiciales a la conservación (Putz *et al.* 2012, Ramage *et al.* 2013).

El recuadro 5.4.3 intenta presentarle una gama de posibilidades de estudios de campo según sus metas. Vincula la naturaleza de su Inquietud Particular, la meta de su estudio, la selección del ciclo de indagación, la naturaleza del factor de diseño (definido en el recuadro 5.4.1), la selección de clase de estudio (experimento o estudio de observación), la utilidad de la indagación al manejo y la conservación y finalmente su relación con el monitoreo.

- Un ejemplo de la línea 1: usted lleva a cabo una indagación rigurosamente diseñada, sobre las aves de bosques caducifolios y las de bosques siempreverdes, sin ninguna intención de aplicarla a la conservación. Sin embargo la gran cantidad de datos de alta calidad le brindará mucha información sobre la historia natural y luego podría sugerir, o contribuir a, indagaciones aplicadas. El conocimiento obtenido de la historia natural y el posible valor a la conservación se incrementarán exponencialmente si usted continua el estudio a lo largo de muchos años (ver Billick & Price 2010), esencialmente volviéndose una clase de monitoreo.

Recuadro 5.4.3. Las clases de indagaciones y su utilidad a la conservación y el manejo, incluyendo el monitoreo

Inquietud	Meta	Ciclo	Factor de diseño	Clase de estudio	Utilidad al manejo y la conservación
1. Curiosidad acerca de la historia natural	Conocer más	C de I ¹	Cualquiera	De observación	Alta aunque sea indirectamente; puede volverse el monitoreo
2. Curiosidad acerca de la historia natural	Conocer más acerca de las causas de lo observado	C de I	Cualquiera	Experimento	Suele ser baja y a la ecología básica también, a pesar de la posible elegancia y precisión del diseño experimental
3. Curiosidad acerca de la historia natural y preocupación acerca de la perturbación	Conocer más acerca de la respuesta de la HN ² a la perturbación	C de I	Gradientes de perturbación ya existentes	De observación	Alta aunque sea indirectamente; puede volverse el monitoreo
4. Curiosidad acerca de la historia natural y preocupación acerca de la perturbación	Conocer más acerca de la respuesta de la HN ² a la perturbación	C de I	Gradientes de perturbación ya existentes	Experimento	Depende de qué tan realista es experimento y la selección de los objetos o fenómenos que se prueban a través de la gradiente
5. Evaluar una amenaza, perturbación u otro problema que podría suceder o sucederá	Contribuir a la selección de pautas de manejo	C de IA ³	Gradientes de perturbación u otros problemas ya existentes	De observación ⁴	Bastante alta pero a menudo no se puede confiar en su relevancia a lo que podría suceder o sucederá; puede volverse el monitoreo
6. Evaluar una amenaza, perturbación u otro problema que podría suceder o sucederá	Contribuir a la selección de pautas de manejo	C de IA	Gradientes de perturbación u otros problemas impuestos según el diseño experimental	Experimento ⁵	Bastante alta pero a menudo no se puede confiar en su relevancia a lo que podría suceder o sucederá; puede volverse el monitoreo
7. Evaluar las consecuencias de implementar una o varias maneras (pautas) de manejo	Seleccionar e implementar una pauta de manejo, o dejar todo como está	C de IA o C de IA con F ₁ (figura 5.4.2)	Maneras (pautas) de manejo alternativas, con o sin un “control”	Experimento	Alta a condición de que se cante “cambia, todo cambia” sin parar; debería seguirse por un nuevo diseño de monitoreo (ver la línea 8)
8. Evaluar el efecto y la efectividad de una pauta de manejo ya implementada	Mantener o modificar la pauta de manejo existente	C de IA con F ₁ (figura 5.4.2)	Donde la pauta de manejo está implementada y donde no está implementada (“control”)	De observación o experimento (ver texto)	Alta a condición de que una “sorpresa” conduzca al ciclo hijo de la figura 5.4.2, así volviéndose una clase imprescindible del monitoreo: el manejo adaptivo

1 El Ciclo de Indagación

2 La historia natural

3 El Ciclo de Indagación Aplicada

4 Ejemplo: los diseños 11, 12 y 18 de la tala de bosque (capítulo 4 del **texto original** y capítulo 5.4)

5 Ejemplo: los diseños 13 (capítulo 4 del **texto original**) y 19 (capítulo 5.4)

- ▶ Un ejemplo de la línea 2: Feinsinger *et al.* (1991) realizaron un experimento controlado y rigurosamente diseñado sobre la polinización por colibríes, de plantas en diferentes “vecindarios florales”. Resultó que los factores de diseño investigados sí incidieron en la polinización y producción de semillas de una de las dos especies de planta investigadas, bajo las condiciones experimentales. Sin embargo, la magnitud del efecto de aquellos factores sobre esos procesos resultó ser menor que la del efecto de otro aspecto de la historia natural que el diseño experimental había controlado: la simple topografía del bosque donde la planta crecía. ¡Uy!
- ▶ Un ejemplo de la línea 3: usted lleva a cabo una indagación rigurosamente diseñada, sobre los pequeños mamíferos en bosques nublados experimentando diferentes intensidades de la ganadería. Su meta es simplemente conocer más acerca de la respuesta de los pequeños mamíferos a aquella perturbación pero usted no tiene ninguna intención de aplicar los resultados a la conservación. Sin embargo la gran cantidad de datos de alta calidad le brindará mucha información sobre la historia natural y luego podría sugerir, o contribuir a, indagaciones aplicadas. El conocimiento obtenido de la historia natural y el posible valor a la conservación se incrementarán exponencialmente si usted continua el estudio a lo largo de muchos años, esencialmente volviéndose una clase de monitoreo.
- ▶ Un ejemplo de la línea 4: usted lleva a cabo una indagación rigurosamente diseñada, plantando estacas de tres especies de árboles nativos en barbechos (chacras) de diferentes tiempos de abandono, sin ninguna intención de aplicarla a la conservación de aquellas especies. Sin embargo sus resultados se vuelven muy útiles a los guardaparques locales, para sus esfuerzos de la restauración de barbechos antiguos dentro del área protegida.
- ▶ Ejemplos de la línea 5: los diseños menos malos de los estudios de observación del ejemplo de la tala de bosque, es decir el 11 y 12 del **texto original** y el 18 de arriba... con cuidado. Por supuesto el valor al manejo de tal estudio sería mucho mayor si pudiera volverse un estudio de monitoreo, es decir a lo largo de muchos años en vez de uno solo.
- ▶ Ejemplos de la línea 6: los experimentos sobre la tala de bosque (el diseño 13 del **texto original** y el diseño 19 de arriba).
- ▶ Un ejemplo de la línea 7: la comunidad nativa tiene el derecho de cosechar hojas de una palmera dentro del área protegida, para techar sus casas y otras construcciones. A fin de decidir en la intensidad máxima de la cosecha conforme con el uso sostenible, usted y los comuneros llevan a cabo experimentos rigurosamente diseñados sobre el efecto de diferentes niveles de cosecha en la tasa de crecimiento, la tasa de brotación de hojas nuevas, la producción de frutos y la supervivencia de las palmeras. Al fin de tres años se selecciona la pauta de manejo, la que fija la intensidad máxima de cosecha al nivel en que las palmeras del experimento empezaban a mostrar efectos perjudiciales. Usted mismo no “pone en práctica” la pauta—los comuneros son los que cosechan las hojas—pero usted vigila los palmares manejados de ahí en adelante para asegurar que la cosecha no sobrepase ese límite.
- ▶ Un ejemplo de la línea 8: al momento de implementar la pauta de manejo sobre la cosecha de hojas de palmeras, usted y la comunidad diseñan rigurosamente e implementan una indagación nueva en la que se comparan (a) palmares bajo la pauta de manejo decidida, (b) palmares con cosecha abierta, sin intentos de manejo y (c) palmares con una moratoria absoluta sobre la cosecha. Además de simplemente vigilar los palmares “a” para asegurar que la comunidad está cumpliendo con la pauta de manejo ya implementada y que se está alcanzando la meta del uso sostenible, usted y la comunidad siguen midiendo la tasa de crecimiento, la tasa de brotación de hojas nuevas, la producción de frutos y la supervivencia de palmeras en los palmares “a”, “b” y “c”. Se mantienen atentos

a cualquier cambio en lo que están midiendo. Si en algún año el efecto y la efectividad de la pauta elegida cambian respecto a los palmares sin cosecha y/o los con cosecha no controlada, repetirán la indagación de la línea 7 o plantearán una semejante, y seleccionarán una nueva intensidad máxima de cosecha. La indagación puede plantearse como un estudio de observación o, siempre y cuando las condiciones lo permitan, puede plantearse como un nuevo experimento rigurosamente controlado y con alta replicación.

Combinadas, las líneas 7 y 8 del recuadro 5.4.3 se vuelven un “Ciclo de Indagación Aplicada con F_1 ” (figura 5.4.2). En este esquema la indagación

madre de la línea 7 lleva a la selección de la pauta de manejo y la indagación hija de la línea 8 monitorea el efecto y efectividad de ella a lo largo del tiempo, por comparar lugares o entidades sujetas a la pauta con lugares o entidades no sujetas a la pauta. Cualquier suceso imprevisto que surja durante el monitoreo de los años siguientes constituirá una nueva Observación que prenderá un nuevo Concepto de Fondo (por ejemplo, uno sobre los cambios climáticos, uno sobre la llegada de una plaga), una nueva Inquietud Particular y una nueva Pregunta nieta de trabajo. Es decir, las líneas 7 y 8 (recuadro 5.4.3) y la figura 5.4.2 codifican el concepto del manejo adaptivo (Holling 1978). A menudo están a nuestro alcance.

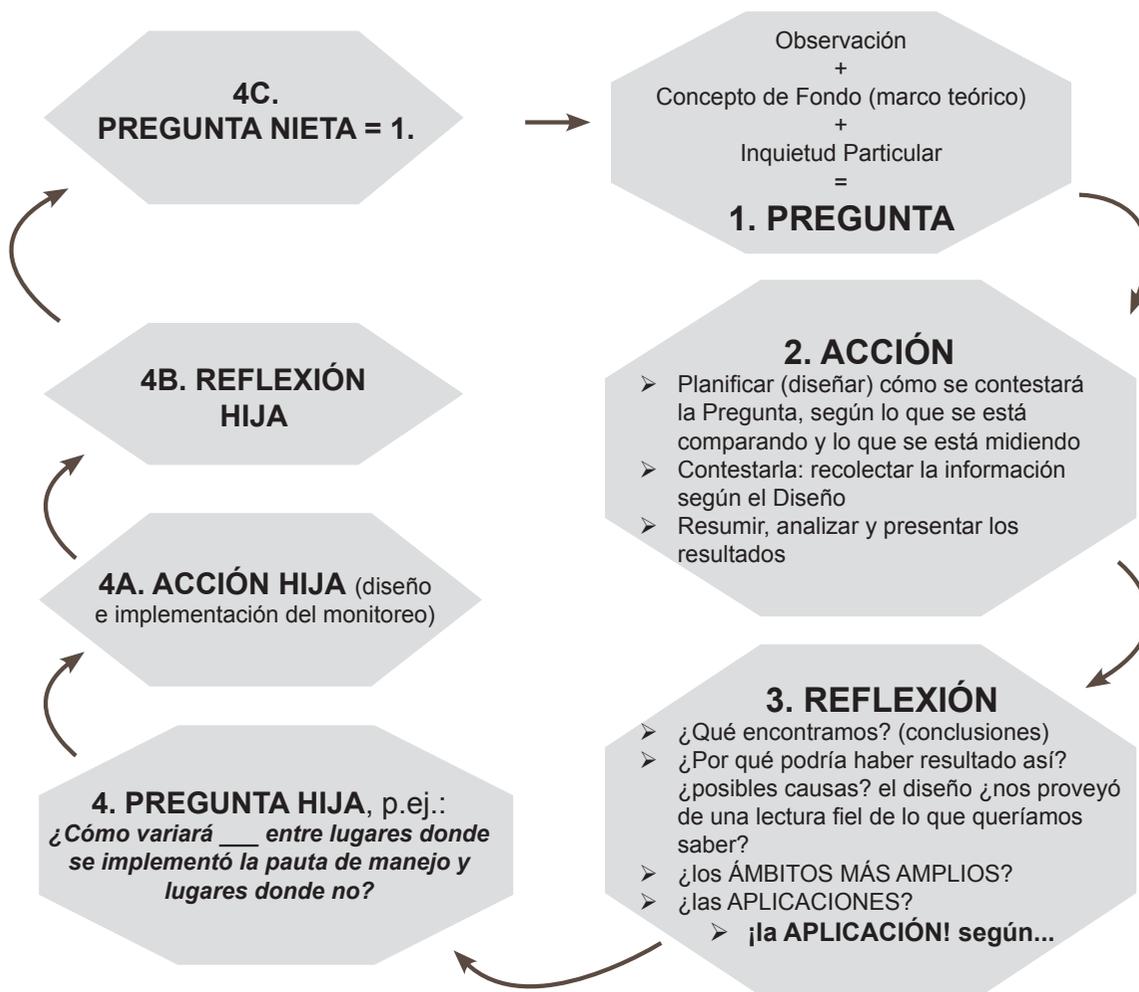


Figura 5.4.2 El “Ciclo de indagación aplicada con F_1 ” o, en otras palabras, el manejo adaptivo.

Desarrollo adicional del paso 4. Especificar el eje principal de lo que va a comparar: el factor de diseño. Puede haber más de uno, sin embargo referirse a la cuarta pauta para formular Preguntas.

Según la última redacción de nuestras Preguntas en el paso 2, por ahora parece que el *factor de diseño* es “bosque con diferentes intensidades de tala” para ambas preguntas. ¡Por ahora!

Desarrollo adicional del paso 5. Definir los niveles del factor de diseño y precisar su clase, continuos o discretos. En caso de que sean discretos, especificar qué niveles comparará y precisar su naturaleza: naturales o arbitrarios. Si son discretos y de naturaleza arbitraria, precise cuáles son los límites espaciales y/o temporales de cada nivel y justificar explícitamente su selección.

Los fundamentos de este paso no han cambiado mucho desde el paso 5 del **texto original** (pp. 47-48). Si lo que estás comparando (el factor de diseño) presenta estados distintos entre sí y fáciles de reconocer, no hay otra: los *niveles del factor de diseño* son *discretos* y *naturales*. Si lo que estás comparando (el factor de diseño) presenta un número grande hasta infinito de posibles condiciones, los niveles son *continuos*. Sin embargo, usted puede “discretizar” el continuo de condiciones, imponiendo un esquema de niveles *discretos* y *arbitrarios* sobre ello.

Siguiendo inconscientemente unos textos destacados de la ecología experimental (Underwood, 1997, Quinn & Keough, 2002), el **texto original** apenas habló de diseños con niveles continuos. Ahora reconocemos que a menudo aquellos diseños llevan a una lectura más fiel de lo que queremos saber que diseños con niveles discretos y arbitrarios, siempre y cuando existan ambas elecciones (ver el capítulo 5.5). Los diseños con niveles continuos son capaces de mostrarnos el “umbral” donde lo que estamos comparando, por ejemplo la intensidad de la tala de bosque o la intensidad de cosecha de hojas de palmeras, empieza a tener efectos de significado biológico sobre lo que estamos midiendo. Si lo que usted está comparando presenta naturalmente un continuo de condiciones, ¿cuál

se empleará, el diseño de niveles continuos o uno de niveles discretos y arbitrarios? Le toca a usted tomar la decisión. Y su decisión debe basarse en lo siguiente, en orden de prioridad: (a) la naturaleza de la cadena de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular al fondo de la Pregunta de trabajo; (b) la historia natural y el sentido común (sin mayor explicación); (c) su capacidad (o falta de ella) de poder elegir e imponer niveles discretos arbitrarios que sean realistas desde el punto de vista de la historia natural y el manejo y (4) los criterios de análisis cuantitativo ya presentados en la pp. 48 del **texto original**. Por ejemplo, la Pregunta 1 de este capítulo 5.4 y la cadena al fondo de ella llevan claramente a un diseño con *niveles discretos*, bosque talado selectivamente y bosque sin tala (¡por ahora!). La Pregunta 2 y la cadena al fondo de ella llevan claramente a un diseño con *niveles continuos*, bosques con una variedad de intensidades de tala.

Si lo que está comparando no presenta niveles discretos naturales, considere la posibilidad de plantear un diseño con niveles continuos. Un ejemplo es el diseño 18 para la Pregunta 2 de la tala de bosque (arriba). ¿Cómo se implementaría? Usted llega a cada una de las 11 concesiones taladas y cuantifica cuidadosamente la intensidad de la tala que ella experimentó ≥ 5 años atrás, por ejemplo el número de tocones (= troncos cortados) por hectárea. Ese valor le provee del nivel particular para aquella concesión talada. Por supuesto la región seleccionada de bosque sin tala tendrá un nivel de 0. De manera semejante, para implementar el diseño experimental 19 de arriba, con ojos medio abiertos asignarías a cada región elegida su valor particular de la intensidad de la tala experimental, desde 0 hasta la tala selectiva más intensiva que podría realísticamente suceder. ¡No confunda este proceso, de cuantificar hasta decimales el *nivel* particular a la unidad de respuesta (caso) de un factor de diseño cuyos niveles son continuos, con la cuantificación del registro de lo que estás midiendo dentro de ese caso (el paso 9)!

¿Usted piensa que este paso es desafiante? ¡Espere! Ahora viene el paso que puede ser el más desafiante de todos...

*Desarrollo adicional del paso 6. Especificar cómo será una **unidad de respuesta (un caso) independiente, de un nivel dado del factor de diseño. Especificar su delineación: natural o arbitraria. Si las unidades de respuesta son de delineación arbitraria, explicar cómo se definirán sus límites espaciales y/o temporales, y justificar explícitamente esta selección.***

Este paso *reemplaza completamente* los pasos 6 y 7 del **texto original** (pp. 48-50). Para unas Preguntas apenas es desafiante. Considera la siguiente Pregunta del Anexo D del **texto original**:

¿Quiénes son más altos, los hombres o las mujeres?

la que actualmente debería redactarse mejor según lo que usted aprendió en el capítulo 5.3 y el paso 3 de éste:

En el año 20XX ¿cómo varía la altura, entre los hombres y las mujeres de... (lugar)?

Obviamente el factor de diseño es... ¡correcto, géneros (por ahora)! Los dos niveles son... ¡correcto, hombres y mujeres! Son niveles discretos *naturales*. Con muy pocas excepciones, una persona adulta o es mujer o es hombre. Y ahora surge la duda del presente paso: a nivel de la Pregunta ¿cuál será una *unidad de respuesta* independiente (sinónimo aquí: caso) del nivel “hombres”? ¡Correcto! ¡Un hombre particular! Y ¿del nivel “mujeres”? ¡Una mujer particular! No sólo pertenecen a *niveles discretos naturales* sino también son *unidades de respuesta naturales* ¿no? Se puede ver claramente la forma tridimensional de cada persona y el espacio vacío entre una y otra. Finalmente, según la moraleja de la obra de teatro del anexo D del **texto original**, debe haber *varias* mujeres y *varios* hombres para contestar bien la Pregunta, ¡obvio!

Hay numerosas Preguntas más desafiantes desde el punto de vista de la selección de las unidades de respuesta, como usted verá. Sin embargo, una misma cadena lógica se aplica a todas:

► *Se debe precisar el/los factor(es) de diseño (paso 4). Usted ya lo sabe, y sabrá más aún al alcanzar el próximo paso 7.*

► *Cada factor de diseño debe presentar niveles, sean ≥ 2 niveles discretos o un número posiblemente infinito de niveles continuos (paso 5). Ya lo sabe.*

► *Debe haber muchas unidades de respuesta independientes entre sí (casos) a escala de la Pregunta. Ver las páginas 41-43 y el Apéndice B del **texto original** y el paso 14 abajo.*

- *Si los niveles son discretos, debe haber varias unidades de respuesta (casos) por cada nivel, o por cada combinación de niveles si hay ≥ 2 factores de diseño. Las unidades de respuesta que comparten un mismo nivel discreto, o una misma combinación de ellas, se llaman *réplicas*.*
- *Si los niveles son continuos debe haber muchas unidades de respuesta (casos) como un todo pero ahora cada una lleva su nivel único, así que el término “réplicas” ya no aplica.*

► *Si lo que estás comparando no muestra unidades de respuesta (casos) naturales y reconocibles, usted tendrá que inventarlas según los siguientes tres criterios:*

- La historia natural, en particular el punto de vista de lo que está estudiando sobre el espacio (y el tiempo);
- El sentido común; y
- La independencia entre las unidades de respuesta (casos) seleccionadas, a escala de la Pregunta.

Volvamos a la primera Pregunta de la tala de bosque arreglada según el paso 2: “Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso del bosque en la periferia de la reserva, entre bosque talado selectivamente y bosque sin tala?” Al llegar al

presente paso, nos damos cuenta de que la Pregunta presenta una mezcla entre lo sencillo y lo desafiante. Lo sencillo: las concesiones rectangulares de bosque taladas selectivamente son claramente demarcadas, visibles y reconocibles: son *unidades de respuesta (casos) naturales*. ¡Fácil! ¿no? Pero ¡uy! ¿dónde están las unidades de respuesta (casos) en el bosque sin tala? ¿El bosque sin tala se encuentra en lindos rectángulos claramente delineados y distintos entre sí? ¡No! Lo desafiante: el bosque sin tala presenta un continuo. No presenta unidades de respuesta (casos) definidas. Por lo tanto nos toca definir unidades de respuesta (casos) *arbitrarias*. ¿Cómo es el proceso?

Primero empleamos el sentido común. Puesto que las concesiones forestales, como unidades de respuesta naturales de un nivel del factor de diseño, ya presentan sus tamaños fijos de unas 60 ha en promedio, tiene sentido definir arbitrariamente la unidad de respuesta (caso) del continuo de bosque sin tala como una *zona difusa* de aproximadamente el mismo tamaño, es decir de unas 60 ha. Ahora entra nuestro conocimiento de la historia natural. ¿Cuál será una distancia mínima entre las unidades de respuesta seleccionadas para que ellas sean independientes biológicamente, con una muy baja probabilidad de que una misma ave de bosque, rana o pequeño mamífero transite de una a otra? Pensando en el más móvil de los tres grupos, las aves (¡obvio!), podemos proponer por ejemplo que la distancia mínima sea de unos 800 m entre los bordes de una unidad de respuesta y otra (aunque ver las pp. 111-112 del **texto original**), sean dos unidades concesiones taladas, sean dos zonas de bosque sin tala o sean una y una. Sin embargo no tenemos que demarcar físicamente el borde de cada zona difusa en el campo, sólo en el mapa que tenemos pegado a la pared. Hay un número infinito de posibles puntos en el continuo de bosque y así un número infinito de ubicaciones de nuestras unidades de respuesta arbitrarias de “zonas de bosque sin tala”.

En el ejemplo de la tala de bosque, el tamaño fijo y reconocible de las unidades de respuesta (casos) naturales, las concesiones ya taladas, nos guió para seleccionar un área equivalente (+ ó - 60 ha) para las zonas difusas de bosque sin tala. Ese tamaño es

más que adecuado con respecto a la escala espacial de la mayoría de la avifauna, ni hablar de las ranas y pequeños mamíferos. Pero ¿si no hubiera unidades de respuesta naturales para ningún nivel del factor de diseño? La historia natural y nada más dictaría no sólo la distancia mínima entre una y otra unidad de respuesta arbitraria (zona difusa) para asegurar su independencia, sino también la selección de las dimensiones espaciales de la zona (ver el capítulo 6 del **texto original**). Si la Pregunta de trabajo tratara del águila harpía ¿cómo sería el área adecuada de la unidad de respuesta, y qué sería la distancia mínima entre una y otra? ¿si se tratara de tapires? ¿del pájaro ratona (carrizo)? ¿de colémbolos? ¿de lombrices de suelo? ¿de suelos a diferentes distancias de un sendero? Recalcamos que si lo que usted está comparando no presenta unidades de respuesta (casos) naturales le toca seleccionar y definir explícitamente la naturaleza de las unidades de respuesta arbitrarias, justificando su selección según la historia natural y el sentido común. Esa selección pertenece a esta paso del proceso de definir lo que está comparando, sin pensar ni por un segundo en “parcelas”, “transectas” y otros elementos espaciales que no tienen que ver con lo que está comparando sino con lo que está midiendo (paso 11).

Como un ejemplo más sencillo de este proceso, considere la siguiente Pregunta de trabajo en su forma genérica, la que ajustamos y contestamos de varias maneras en casi todos los cursos que impartimos.

Observación: El sendero (nombre) en el área protegida (nombre) está sometido a bastante tránsito de guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos.

Concepto de Fondo: Por lo general el recorrido repetido de personas (por ejemplo turistas), vehículos, maquinaria y mamíferos silvestres o domésticos (el ganado) provoca la compactación de suelos. Este fenómeno puede disminuir la capacidad de la tierra de absorber agua, aumentando el escurrimiento de la misma durante las lluvias y la erosión, no sólo de los suelos de un sendero o camino en sí, sino también de los suelos de los hábitats al costado.

Estos procesos pueden incidir en las plantas y los animales que habitan en el suelo y en el costo del mantenimiento del sendero o camino, por ejemplo si es un sendero de turismo.

Inquietud particular: ¿Incide el pisoteo de personas, más el de otros mamíferos, en la compactación del suelo del sendero (nombre)?

Pregunta de trabajo (¡por ahora!): En (fecha), a lo largo del sendero (nombre) transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el área protegida (nombre) ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo, según la distancia del centro del sendero?

El suelo presenta un continuo desde el centro del sendero hasta el sotobosque o pradera no transitada y lejos de este centro. Obviamente hay que definir unidades de respuesta (casos) arbitrarias, cualesquiera que sean los niveles. Los suelos no tienen la movilidad de aves, ranas o pequeños mamíferos, y la escala de variación en sus características es bastante fina. Por ende podemos definir arbitrariamente la unidad de respuesta (caso) como una zona difusa de suelo de forma ovalada cuyo eje largo, de más o menos 30 cm, está paralelo al sendero y cuyo eje corto perpendicular al sendero es de más o menos 15 cm. La distancia mínima entre zona y zona puede ser de unos 5 cm. Hay un número infinito de posibles puntos en el continuo de suelos y así un número infinito de ubicaciones de nuestras unidades de respuesta aunque el sendero sea corto. Volveremos a este ejemplo en los pasos 7 y 8, y más allá en los pasos 10 - 12.

Y ¿cómo serán las unidades de respuesta de factores de diseño que tratan del tiempo? Considere una forma de Pregunta muy común en las tesis, tesinas y proyectos de los ecólogos de campo a través de América latina: “En (lugar) ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies del grupo XXX, entre la época lluviosa y la época seca (o, entre el verano y el invierno)?” donde XXX puede ser la avifauna, las mariposas adultas, los escarabajos, los peces del río, las lagartijas u otro grupo de animales, o las plantas no leñosas. Si aquellos biólogos tuvieran vidas profesionales y proyectos muy largos

podrían trabajar con épocas como unidades de respuesta naturales, por ejemplo “¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de XXX entre las épocas lluviosas y las épocas secas, a lo largo del siglo XXII?” Así tendrían dos niveles discretos naturales, épocas secas y épocas lluviosas, donde cada año brindaría una unidad de respuesta por nivel, sumando a 100 réplicas por nivel (todos los años del siglo XXII).

Sin embargo las vidas profesionales son cortas y los proyectos de tesis o tesina más cortos todavía, a menudo de un solo año. Así no pueden tratar sobre épocas lluviosas múltiples y épocas secas múltiples sino sólo de los sucesos dentro de un mismo año (ver el paso 2). La Pregunta “En (lugar) ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies del grupo XXX, entre *la* época lluviosa y *la* época seca (o, entre *el* verano y *el* invierno) del año 20__?” ahora ajustada correctamente según los pasos 1 y 2, ¿puede contestarse por realizar un censo completo de las dos épocas, es decir registros completos del grupo XXX durante todos los 31.536.000 segundos del año 20__? En la teoría sí, en la práctica no, ¡obvio! La indagación debe ser un *muestreo* (figura 5.4.1) y así el investigador debe cumplir con la cadena lógica de este paso 6, definir el factor de diseño, sus niveles y los casos para cada nivel.

Lamentablemente, los diseños de las Preguntas de trabajo sobre cambios estacionales suelen saltar este paso. Suelen consistir en una sola toma de datos (una campaña) durante un solo periodo de tiempo de la época seca y otra durante otro periodo de tiempo de la época lluviosa. Sin embargo, es muy poco probable que aquellas fechas particulares sean representativas de cada época como un todo, tanto como es muy poco probable que una sola concesión de bosque talada y una sola zona difusa de bosque sin tala sean representativas de concesiones taladas y zonas de bosque sin tala como un todo, respectivamente (figura 4.3, diseños 1 – 7, 9) o que una mujer particular y un varón particular sean representativos de todas las mujeres y todos los varones de un pueblo. Entonces hay que plantear un diseño que emplee varias unidades de respuesta (casos) independientes dentro de cada una de las dos

épocas. ¿Cómo? Se debe precisar varias unidades de respuesta para cada época (réplicas) como *periodos de tiempo*.

La selección de unidades de respuesta temporales también debe cumplir con la cadena lógica al inicio de esta paso. Si el factor de diseño trata de las dos épocas, en muchos estudios el periodo de tiempo seleccionado como la unidad de respuesta (caso) puede ser uno bien natural: un día. Se puede asegurar la independencia entre las unidades de respuesta de un mismo nivel (estación) por mantener un tiempo mínimo entre una y otra. Ese mínimo depende por ejemplo del grupo de animales y su rapidez de movimiento o recambio, o sea de la historia natural.

Sin embargo no todas las Preguntas de trabajo temporales pueden aprovechar el día, u otro lapso de tiempo bien natural, como la unidad de respuesta. ¿Cómo será la unidad de respuesta temporal para una Pregunta sobre cambios estacionales en la abundancia de huellas de mamíferos, donde una lectura fiel de las huellas (pasos 9 – 12) requiere varios días? Puede ser un periodo de tiempo de una semana, con un mínimo de una semana no muestreada entre una y otra muestreada. Pero una semana es un periodo de tiempo arbitrario. También las unidades de respuesta pueden ser de periodos de 6 días cada uno, separados por un mínimo de 9 días; periodos de 8 días cada uno, separados por un mínimo de 4 días; periodos de 2 días cada uno, separados por un mínimo de 11 días u otra elección. Depende. ¿De qué depende? De la historia natural, el sentido común y la necesidad de replicar adecuadamente. El manual de Arango *et al.* (2009) incluye otros ejemplos claros de la lógica de definir unidades de respuesta arbitrarias en el espacio (zonas difusas) y en el tiempo (periodos), no en el campo sino en el patio de la escuela.

Como un ejemplo final de la cadena lógica de este paso, la que precisa que cuando el factor de diseño no nos brinda unidades de respuesta naturales hay que inventarlos, considere la siguiente Pregunta en su forma inicial: “¿Cómo varía la abundancia y composición de especies de las aves acuáticas diurnas durante el año 2002, entre el sector de la laguna cubierta de vegetación acuática y el sector con espejo de agua abierto?” El área entera de la laguna era de unas 1,5 ha, así que una observadora

con telescopio podría haber muestreado toda su superficie y todas las aves acuáticas de una vez, así alcanzando el último dato que pertenece a la Pregunta... en un momento determinado del tiempo. Entonces ¿fue factible realizar un censo? Sólo si la observadora hubiera estado dispuesta a escudriñar la laguna durante todas las horas de luz de los 365 días del año (+ ó – 15.768.000 segundos). Aun las pajarólogas más dedicadas no son lo suficientemente locas para realizar tal trabajo.

Entonces, volviendo a la figura 5.4.1 la indagación tenía que ser un muestreo, y siendo un muestreo debía llevar a unidades de respuesta (casos). ¿Cómo eran? Ya que se podía observar la laguna como un todo, no tuvo ningún sentido dividirla en zonas difusas de espacio como si fuera el bosque sin tala de la reserva. Pero sí tenía sentido dividir el año en 365 días y seleccionar 49 de ellos, al azar con ojos algo abiertos, separados entre sí por un mínimo de 3 días para incrementar su independencia uno de otro. Muestreando la laguna cada día seleccionado, la investigadora podía trabajar simultáneamente con los dos sectores de la laguna durante las horas de luz. De esa manera cada uno de los 49 días le brindó una unidad de respuesta por cada uno de los dos niveles, definidos como “días-agua abierta” o “días-agua con vegetación”, así que la unidad de respuesta (caso) era “un día-agua abierta” o “un día-agua con vegetación”. Siendo días, periodos de tiempo claramente definidos y reconocibles, y sectores de la laguna definidas visualmente por la clara presencia o ausencia de vegetación ¡terminaron siendo unidades de respuesta naturales! ¿No es así?

Desarrollo adicional del paso 7. Si la Pregunta todavía no habla por sí de las unidades de respuesta (lo que suele pasar si las unidades de respuesta o casos son arbitrarios), ajustar la misma para que precise explícitamente cómo serán, señalando con la letra “s” que habrá varias por cada nivel (niveles discretos) o simplemente un gran número (niveles continuos). Ahora volver a ajustar los pasos 4 y 5 según este ajuste de la Pregunta, a fin de que las unidades de respuesta (casos) estén precisadas explícitamente en las definiciones del factor de diseño (paso 4) y de sus niveles (paso 5).

De todas las Preguntas de trabajo presentadas en este capítulo hay una sola que ya cumple bien, o casi, con este paso imprescindible. ¿Cuál será? ¡Obvio! La letra “s” en “¿Cómo varía la altura, entre loS hombreS y las mujereS de... (lugar) durante el año 20XX?” ya indica claramente cómo serán las unidades de respuesta (casos) respecto a los dos niveles, los que son hombreS y mujereS respectivamente. Pero el factor de diseño debe ajustarse. ¡Ya no es sólo “géneros”! El paso 4 debe replantearse como “¡personaS de diferentes géneros!” ¡Listo!

Ahora pasemos por las demás Preguntas del presente capítulo según este paso 7. Empecemos por ajustar las Preguntas de la tala de bosque, ya ajustadas una vez en el paso 2:

Pregunta de trabajo 1 (ajuste II). Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso de bosque en la periferia de la reserva, entre *concesioneS* de bosque taladas selectivamente y *zonaS difusaS* de bosque sin tala?

El factor de diseño (paso 4) debe volver a redactarse como “áreaS de bosque con diferentes intensidades de la tala selectiva” y los niveles (paso 5) como “concesioneS de bosque taladaS selectivamente” y “zonaS difusaS de bosque sin tala”. Y:

Pregunta de trabajo 2 (ajuste II). Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso de bosque en la periferia de la reserva, entre *concesioneS* de bosque taladaS selectivamente a una variedad de intensidades desde ninguna hasta fuerte?

El factor de diseño es el mismo, “áreaS de bosque con diferentes intensidades de la tala selectiva” pero ahora los niveles son “concesioneS de bosque taladaS selectivamente a diferentes intensidades desde ninguna hasta fuerte”. Y ¿la compactación de suelos? La Pregunta debe redactarse como:

En (fecha), a lo largo del sendero (nombre) transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el área protegida (nombre) ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo, entre *zonaS difusaS* de suelo a diferentes distancias del centro del sendero?

El factor de diseño es precisamente “*zonaS difusaS* de suelo a diferentes distancias del centro del sendero”. Si se ha elegido un diseño de niveles continuos (ver el paso 5), ellos se describen por la misma frase. Si se ha elegido un diseño de niveles discretos arbitrarios, la Pregunta podría, pero no tiene que, precisar más los niveles: “*zonaS* de suelo en el centro del sendero (0 cm)”, “*zonaS* de suelo a 25 cm del centro”, “*zonaS* de suelo a 50 cm del centro” y “*zonaS* de suelo a 150 cm del centro” u otro conjunto de elecciones de distancias según la historia natural, la naturaleza del sendero y el sentido común. Sin embargo, dichos niveles debe haberse precisado y justificado en el paso 5.

Le toca a usted ajustar el factor de diseño y sus niveles de la Pregunta sobre cambios estacionales, que ahora será “¿Cómo varía la abundancia y composición de especies de XXX, entre díaS a través de la época lluviosa y díaS a través de la época seca (o, a través del verano y a través del invierno) del año 20__?” Finalmente, otro desafío para usted: ¿cómo se redactaría correctamente la Pregunta lacustre (este paso 7), el factor de diseño (paso 4) y sus niveles (paso 5) para la indagación cuyas unidades de respuesta terminaron definidas en el paso 6 como “día-agua abierta” y “día-agua con vegetación”?

Ahora, la Pregunta, las unidades de respuesta (casos), el factor de diseño y sus niveles hacen juego entre sí. Definen claramente lo que usted está comparando (las unidades de respuesta de los diferentes niveles). La letra “s” le exige explícitamente que tenga réplicas por cada nivel discreto, o alternativamente, si el diseño es de niveles continuos, un número adecuado de unidades de respuesta cada una con su nivel único. ¿Es todo? ¿Por fin podemos hablar de lo que se mide? No,

¡obvio! Falta otro paso imprescindible sobre lo que estás comparando.

Desarrollo adicional del paso 8. Decidir cómo dispersar las unidades de respuesta (casos) a través de todas las dimensiones del espacio y del tiempo de tal forma de eliminar posibles factores tramposos, refiriéndose al recuadro 5.4.4. A la vez asegurarse de haberlas dispersado a través del ámbito espacial y temporal que la Pregunta precisa, teniendo en cuenta la diferencia notoria entre diseños con niveles (casos) entremezclados y los con niveles (casos) segregados. Es imprescindible que usted dibuje un croquis, plano o esquema que muestre dónde y cuándo se ubicarán las unidades de respuesta (los casos). Ver texto para la explicación.

Deberías iniciar este paso, el que combina, cambia y amplifica mucho los pasos 8 y 9 del **texto original** (pp. 50-52), por plantearse la pregunta reflexiva: *¿realmente estoy comparando lo que quería comparar?* Este paso muestra el verdadero significado de ambas definiciones de diseño.

Como se recalca en la discusión de fuentes de variación entre registro y registro, hay un sinnúmero de fenómenos ambientales que incidirán en un registro particular de lo que medimos en una unidad de respuesta (caso) particular, por ejemplo en la tasa de crecimiento de una palmera particular, en la abundancia y composición de especies de aves en una zona difusa de bosque particular, en la tasa de polinización y producción de frutos por un arbusto particular o en la tasa y manera de recuperación de un barbecho abandonado particular. Es imposible diseñar una indagación fuerte que incluya a todos los fenómenos ambientales como factores de diseño (ver pp. 93-94 del **texto original**). Seleccionamos a uno o unos pocos fenómenos -los que nos parecen tener el mayor significado biológico, los que nos preocupan más o los que nos interesan más- como factores de diseño, y diseñamos el estudio acerca de ellos. Sin embargo, todos los demás excluidos de la Pregunta de trabajo siguen afectando cada una de las unidades de respuesta de manera única, incidiendo en mayor o menor medida en lo que usted medirá

en esa unidad de respuesta. Lo imprescindible del presente paso es asegurarnos que esos fenómenos no se vuelvan factores tramposos debido a nuestra negligencia durante la selección de dónde y cuándo colocamos las unidades de respuesta, es decir, que realmente se está comparando lo que se quería comparar.

Ahora ¡por favor no siga el consejo del título del paso 9 del **texto original** (pp. 51)! ¡No haga una lista de todos aquellos fenómenos cuyos efectos podrían variar entre unidad y unidad de respuesta y así incidir en lo que medirá! Eso sería una tarea sin fin y además innecesaria. El hecho es que el efecto de casi todos los factores ambientales sobre lo que usted medirá (ver el paso 9) tiende a asociarse con cambios en el espacio y/o con el tiempo. El nombre formal de este hecho es “la auto correlación en el espacio y/o en el tiempo” pero el concepto es más sencillo: “cambia, todo cambia”. Este concepto es muy evidente al campesino: dos puntos alejados en el espacio tienden a presentar condiciones ambientales más semejantes entre sí (respecto a suelo, microclima, topografía, vegetación, fauna, hongos y otras plagas, amenazas, etc.) que dos puntos alejados. El tiempo es más complicado por ser cíclico pero dos horarios, días o meses consecutivos tienden a presentar condiciones más semejantes entre sí que dos horarios con 6 o 12 horas de diferencia entre sí, o dos días o meses con 3 – 9 meses entre sí, por ejemplo. El **texto original** (pp. 51-52) ya discute unos diseños para la indagación de la tala de bosque claramente infectados por factores tramposos, por ejemplo los diseños 8 (comparando las formaciones vegetales además de las concesiones taladas y zonas no taladas, sin querer) y 14 (comparando estaciones sin querer). Podemos agregar el mal planteado diseño 17 de arriba en este capítulo 5.4, ¿verdad?

Recuadro 5.4.4. Alternativas de diseños para tratar con “la auto correlación en el espacio y el tiempo”

1	Plantear una indagación <i>experimental</i> que controle los efectos posibles de todos los fenómenos, aparte del factor de diseño, por medio del diseño experimental.
2	Plantear un estudio de observación con unidades de respuesta o casos (de los diferentes niveles) <i>entremezclados</i> respecto al espacio y el tiempo. <ul style="list-style-type: none"> a. Plantear un diseño con <i>niveles continuos</i> y con ojos medio abiertos dispersar las unidades de respuesta (casos) a través de los ejes espaciales y temporales del ámbito de la Pregunta. b. Plantear un diseño con <i>niveles discretos</i>. <ul style="list-style-type: none"> i. Plantear un diseño <i>al azar</i> (diseño aleatorio), con ojos medio abiertos, a lo largo de los ejes espaciales y temporales del ámbito de la Pregunta. ii. Plantear un diseño <i>en bloques</i> en el espacio y/o en el tiempo, y con ojos medio abiertos dispersar los bloques en sí a través del ámbito de la Pregunta.
3	Plantear un estudio de observación de niveles <i>segregados</i> respecto al espacio y/o el tiempo, sin embargo todavía dispersando las unidades de respuesta (casos) aleatoriamente a través del ámbito de cada nivel.
4	Obviar la entrada de factores tramposos notorios en tu estudio al encoger el ámbito del muestreo en el espacio y/o el tiempo, y <i>ajustar la Pregunta</i> para que hable del ambiente ya achicado.
5	Reconocer la presencia de factores tramposos a escala de la Pregunta original, vivir con ellos y <i>ajustar la Pregunta</i> . Los fenómenos que antes eran factores tramposos, ya no lo son según el ajuste justo y humilde de la Pregunta.

El recuadro 5.4.4 presenta un esquema sobre las alternativas de diseño, más completo que el del **texto original** (pp. 51-52). Ya hemos discutido adecuadamente la línea 1 del recuadro 5.4.4, los experimentos de toda clase (ver además el recuadro 5.4.3). El **texto original** ya explica adecuadamente la línea 4 según el ejemplo del diseño 10 de la tala de bosque (figura 4.3), que trata sólo sobre el bosque nublado de altura y así lleva a restringir la Pregunta a esa formación vegetal sola (pp. 46). También el **texto original** explica adecuadamente la línea 5 y su triste consecuencia: si usted realizó el tramposo diseño 8 (figura 4.3) por carencia de sentido común o carencia de alternativas mejores, la única acción honorable que le queda es incluir explícitamente el ex factor tramposo en la Pregunta y así bajar notoriamente su “sexitud” y utilidad, por ejemplo: “Durante el año 20XX ¿cómo varía

la abundancia y diversidad de especies de aves del bosque, ranas del sotobosque y pequeños mamíferos del piso de bosque en la periferia de la reserva, entre *concesiones de bosque seco tropical* taladas selectivamente y *zonas difusas de bosque nublado de altura* sin tala?” Pero el **texto original** no explica adecuadamente la línea 2 del recuadro 5.4.4 y no recalca adecuadamente las consecuencias de diseñar consciente o inconscientemente, una indagación de niveles segregados (línea 3).

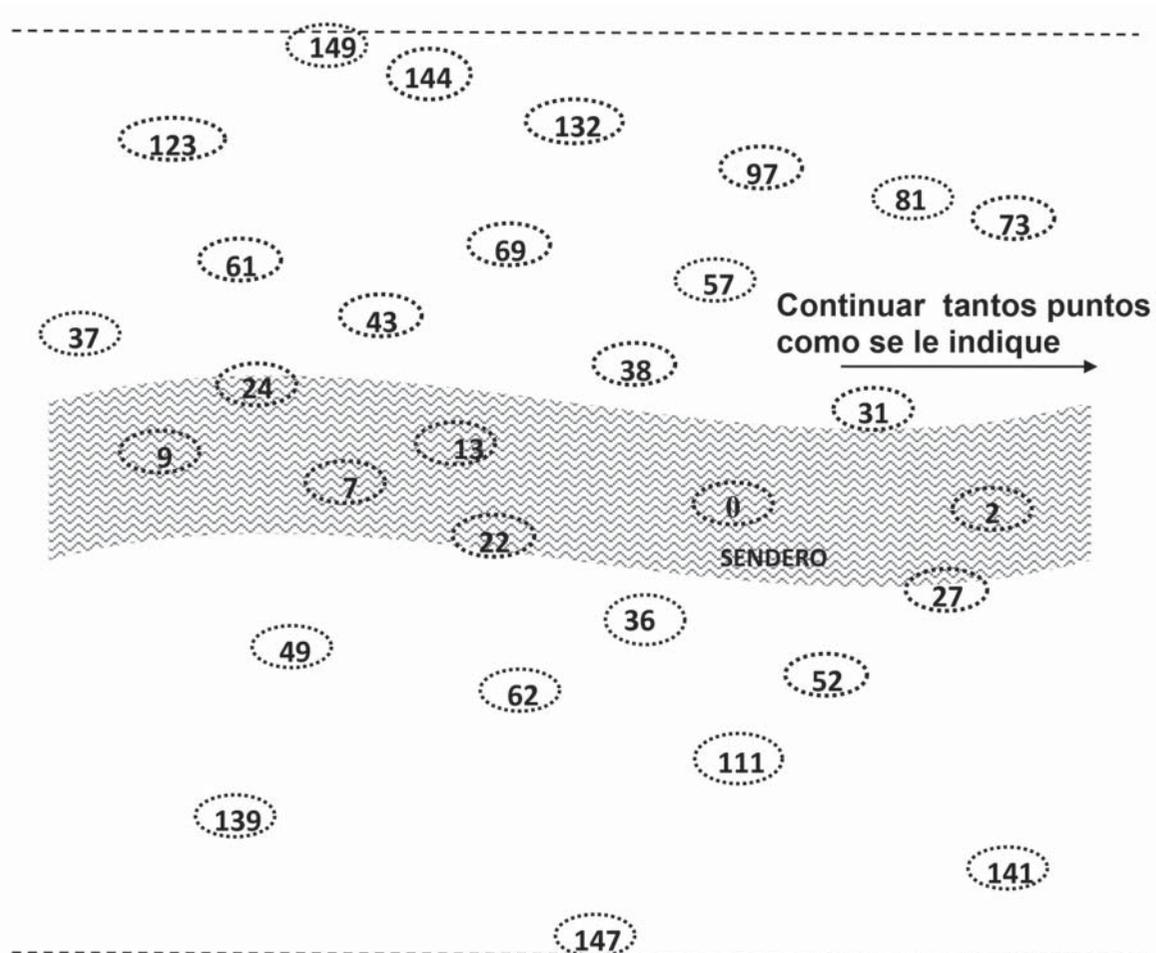


Figura 5.4.3a

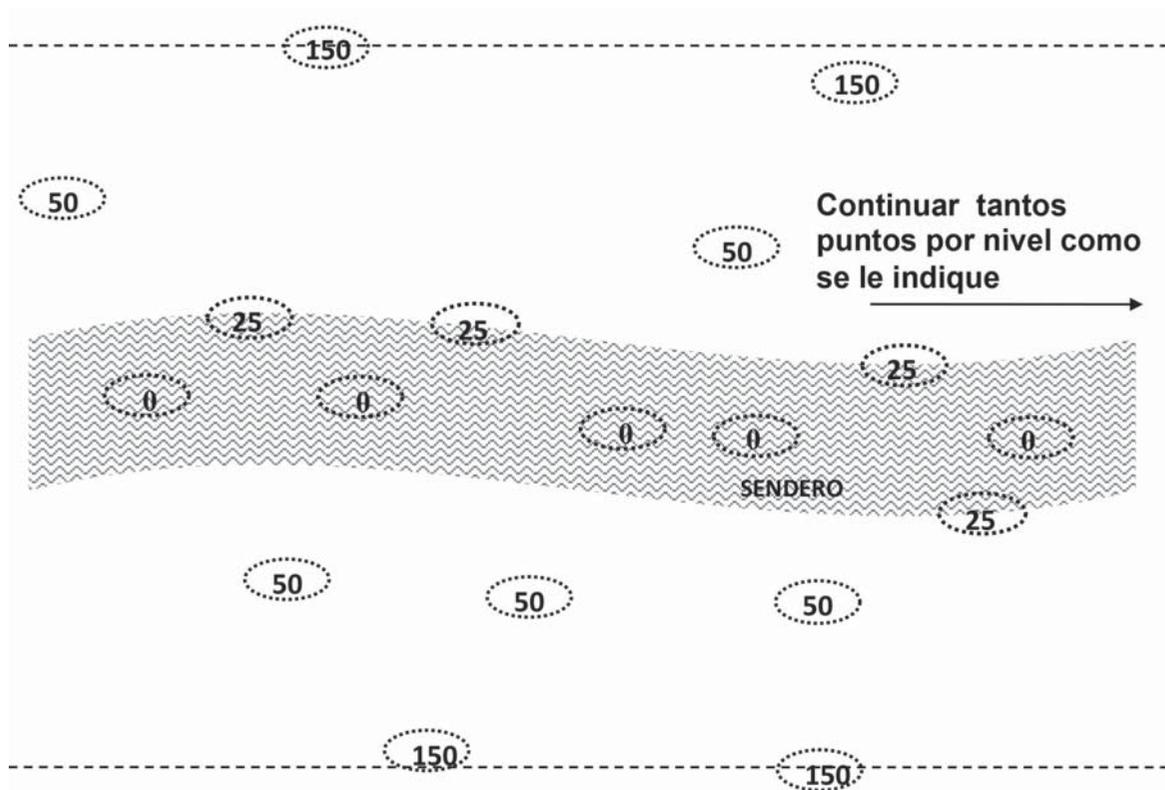


Figura 5.4.3b

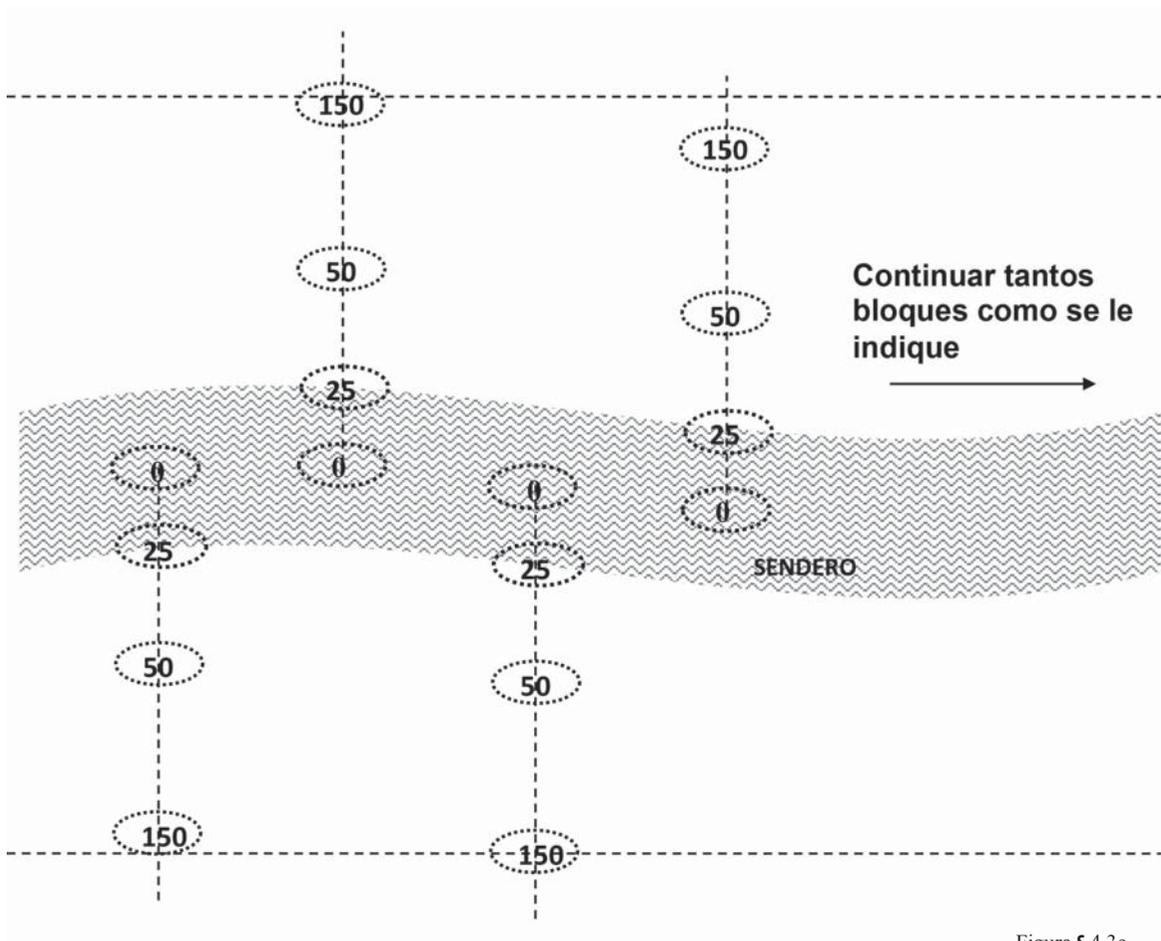


Figura 5.4.3c

Figura 5.4.3 Los croquis de tres diseños alternativos para la indagación sobre la variación en la dureza (grado de compactación) del suelo, entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias del centro de un tramo del Sendero Imposible en el Parque Nacional El Perdido: (a) niveles continuos, (b) niveles discretos arbitrarios, diseño aleatorio y (c) niveles discretos arbitrarios, diseño de bloques.

En la Pregunta sobre la compactación de suelos (pasos 6 y 7), ahora hablando de una indagación específica, es fácil visualizar las tres alternativas de la línea 2 (figura 5.4.3):

En la mañana del 31 de febrero 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo, entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) a ambos lados del centro del sendero?

El suelo presenta un continuo como un todo y las distancias del centro del sendero presentan un continuo dentro de la franja de 3 m ahora precisada por la Pregunta. Por ende las zonas de suelo deben ser unidades de respuesta arbitrarias, ya definidas en el paso 6, y los niveles pueden ser o continuos o discretos y arbitrarios, según los criterios del paso 5. La figura 5.4.3a ejemplifica el *diseño de niveles continuos* (la línea 2.a del recuadro 5.4.4). La distancia (nivel) entre el centro del sendero y el punto central de cada zona, es única. Muestreando al azar con ojos algo abiertos la investigadora ha asegurado que hay una gama de distancias a lo largo del sendero.

En las figuras 5.4.3b y 5.4.3c, la investigadora ha impuesto un esquema de *niveles discretos arbitrarios* sobre el continuo: 0, 25, 50 y 150 cm del centro del sendero. Debe haber precisado y justificado esos niveles particulares en su paso 5 y debía haber ajustada su Pregunta aunque no es absolutamente necesario:

En la mañana del 31 de febrero 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo, entre zonas difusas de suelo a 0, 25, 50 y 150 cm del centro del sendero?

En el *diseño aleatorio* (línea 2.b.i del recuadro 5.4.4), las zonas de los diferentes niveles discretos no tienen relación entre sí. El único criterio es que haya zonas a todas las cuatro distancias a lo largo del sendero (fig. 5.4.3b). Por casualidad hay más zonas de unos

niveles que de otros. La figura 5.4.3c presenta un *diseño de bloques*, aquí constituidos por conjuntos de un caso (unidad de respuesta) por cada uno de los cuatro niveles. Es decir, las zonas de los diferentes niveles sí tienen relación entre sí. Los números de casos por nivel (tamaños de la muestra, ver el paso 14) son idénticos ¡obvio!: el número de bloques. La investigadora dispersa los bloques mismos, ya no las unidades de respuesta individuales, a lo largo del sendero.

¿Cuál diseño de los tres ilustrados en la figura 5.4.3 es el mejor? Una década atrás les habríamos dicho, “el de bloques”. Ahora les diríamos “Depende. Seleccionaríamos el de niveles continuos a menos que podamos justificar muy bien la elección de niveles discretos arbitrarios, en cual caso es casi cierto que el diseño de bloques sea el mejor. Pero el diseño aleatorio también es adecuado y tiene una pequeña ventaja sobre el de bloques: muestrea todo el tramo del sendero mientras que los bloques muestrean sólo unos pocos sectores del mismo”.

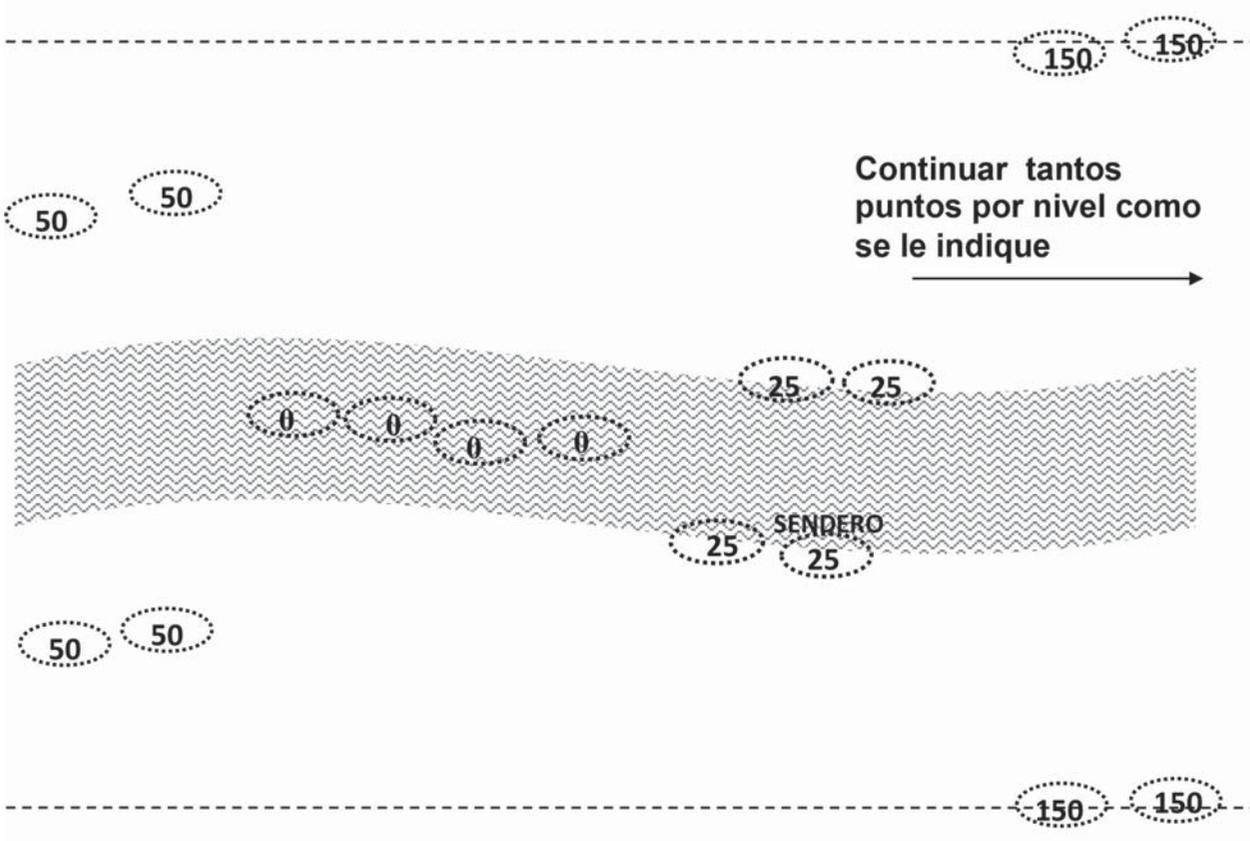


Figura 5.4.4a

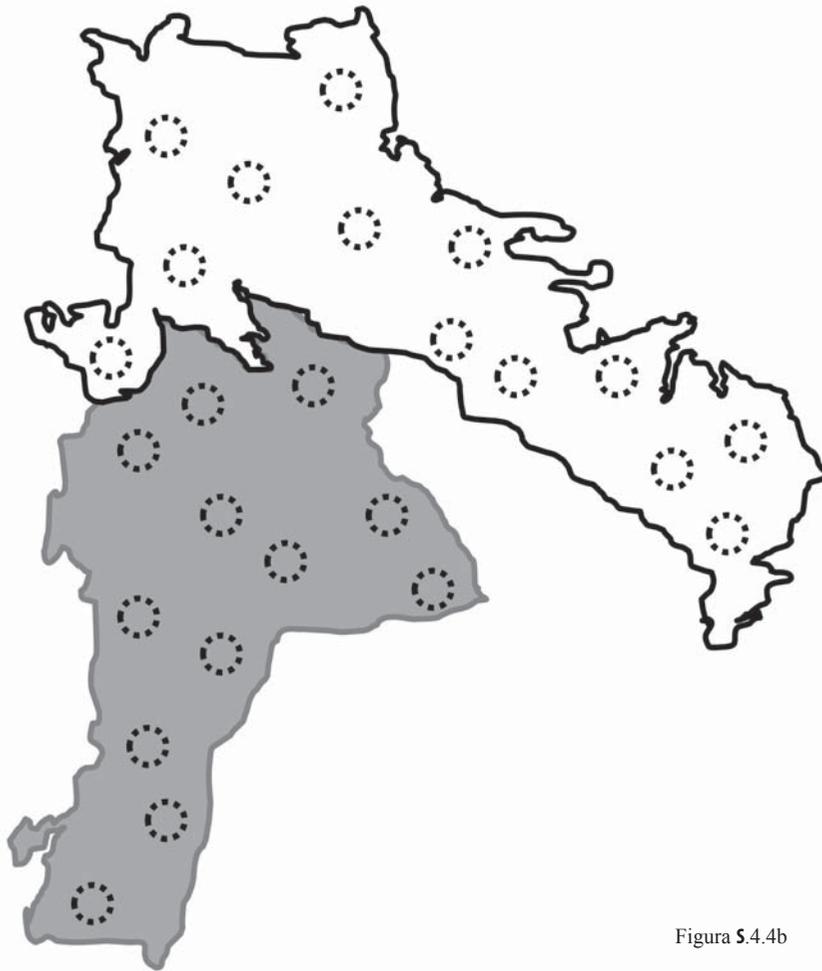


Figura 5.4.4b

Figura 5.4.4 Diseños de niveles (casos) segregados. (a) Un diseño de niveles segregados implementado “por imbecilidad”, supuestamente para contestar la Pregunta sobre la compactación de suelos que condujo a las alternativas con niveles (casos) entremezclados ya mostradas en la figura 5.4.3. (b) Un diseño de niveles segregados implementado porque “es lo que hay” debido a la biogeografía y la escala espacial de la Pregunta (ver texto). El Bosque Chiquitano de Bolivia está en blanco y el Gran Chaco en gris. Los anillos indican las unidades de respuesta (zonas difusas de más o menos 100 km²).

Sin embargo, si usted nos preguntara “En general ¿cuál clase de diseño es mejor, el de niveles (casos) entremezclados (recuadro 5.4.4, línea 2 como un todo y el ejemplo de la figura 5.4.3) o el de niveles (casos) segregados (línea 3 y la figura 5.4.4a)?” no le diríamos “Depende” sino le gritaríamos “¡¡EL DE NIVELES UNIDADES DE RESPUESTA ENTREMEZCLADAS, a menos que no haya otra opción!!” Si se plantea un diseño de casos (niveles) segregados cuando habría sido factible plantear uno de casos (niveles) entremezclados (figura 5.4.4a) ¡no hay excusa! Sin embargo, como el **texto original** sugiere (pp. 50) a veces no hay otra alternativa. Según unas Inquietudes Particulares no es factible

plantear una Pregunta que lleve a un diseño con niveles entremezclados. O la historia natural al fondo o la escala grande de espacio y/o tiempo, ya discutido en el paso 1, lo previene. Considere la Pregunta sobre huellas de tapires (pp. 50 del **texto original**), ajustada: ¿Cómo varía la densidad de huellas de tapir, entre zonas difusas del bosque chaqueño de Bolivia y zonas difusas del bosque chiquitano? No sólo las zonas difusas tienen que ser enormes y bien separadas (paso 6) sino también es imposible entremezclarlas. Un diseño fuerte de niveles segregados (figura 5.4.4b) es la única alternativa.

La figura 5.4.5 del paso 17 (ver página 5.71), abajo, muestra un diseño verdadero de un estudio con niveles necesariamente segregados pero todavía netamente válido e imprescindible al manejo. La Pregunta recién ajustada “¿Cómo varía la abundancia y composición de especies de XXX, entre días a través de la época lluviosa y días a través de la época seca (o, a través del verano e invierno) del año 20__?” es otro ejemplo clásico. Sus unidades de respuesta (casos) deben estar segregados, entre las dos épocas respectivamente. Si la Pregunta está bien redactada, como lo está esa (por ahora), si las unidades de respuesta (días) están independientes entre sí (paso 6) y dispersas a través de cada uno de los niveles (las épocas) y si los resultados son interpretados correctamente, tales indagaciones siempre son valiosas.

La redacción correcta y la interpretación correcta de casi todos los diseños con niveles segregados deben conllevar el reconocimiento explícito de que los niveles se refieren a espacios y/o tiempos distintos, entre los cuales no sólo el simple factor de diseño sino también un sinnúmero de otros fenómenos afectarán diferencialmente lo que se medirá en las unidades de respuesta (casos) de los diferentes niveles. Lamentablemente hay una grave y creciente tendencia entre los ecólogos y más todavía los biólogos de la conservación, de suponer inconscientemente que sus diseños débiles de estudios con niveles claramente segregados realmente tratan sobre diseños fuertes de niveles entremezclados, es decir suponen inconscientemente que están comparando sólo lo relacionado con la Inquietud Particular sin ninguna intervención diferencial significativa de aquel sinnúmero de otros fenómenos (por ejemplo ver Ramage *et al.* 2013).

¿Usted desea evitar caer en esa trampa, poder cumplir con ambas definiciones de diseño, poder cumplir con la cadena lógica del paso 6 y así con los ajustes del 7 y poder seleccionar la mejor de las alternativas del recuadro 5.4.4? Si usted responde “Sí” (¡ojalá!), antes de andar más allá le toca redactar un *croquis*, *plano* o *dibujo esquemático*. Éste debe indicar dónde se dispondrán sus unidades

de respuesta (casos) de los diferentes niveles en el espacio y el tiempo ya definido en el paso 2. La figura 5.4.3 presenta tres ejemplos de dichos croquis. Si el factor de diseño es del tiempo, el dibujo esquemático indicará cuándo se dispondrán las unidades de respuesta temporal. Una Pregunta de “¿Cómo varía la abundancia y composición de especies de XXX, entre días a través de la época lluviosa y días a través de la época seca (o, a través del verano e invierno) del año 20__?” lleva a un calendario que indique todas las unidades de respuesta (días u otros periodos de tiempo) y los intervalos entre ellas para asegurar su independencia. En el paso 17 verás otros ejemplos de estos dibujos esquemáticos. ¿Ya reconoce qué tan imprescindible es, definir bien lo que estás comparando hasta el último detalle, antes de dedicar una sola célula de su cerebro a lo que estás midiendo? Esperamos que sí. ¡No quiere que su trabajo sea una lectura discutida y disecada por las víctimas de los cursos del futuro!

Desarrollo adicional del paso 9. Especificar lo que usted va a registrar (medir u observar) al llegar a una unidad de respuesta determinada (caso): la(s) variable(s) de respuesta (ver el paso 13). Si está submuestreando (ver paso 12), reconozca la diferencia notoria entre el dato básico y el dato derivado y definir ambos. ¿A qué clase de datos pertenece el dato básico y, si hay, el dato derivado: datos de intervalo, datos ordinales o datos nominales (y ver los casos excepcionales del capítulo 5.9)?

¡Por fin! Habiendo precisado todos los detalles de lo que va a comparar, ahora usted puede dedicar no sólo una neurona sino también el cerebro entero a los cuatro pasos que tratan sobre *lo que va a medir* (recuadro 5.4.2). De hecho debe haber un cambio notorio en la inquietud que ocupa y preocupa su cerebro. Ya no es la del paso 8, ¿realmente estoy comparando lo que quería comparar? sino es ¿realmente estoy midiendo lo que quería medir? Como verá, con una frecuencia penosa la respuesta honesta es “¡no!” y la Pregunta, ni mencionar la Reflexión y Aplicación, requiere más ajustes todavía, a menudo fundamentales.

Sin embargo si usted ya redactó cuidadosamente la Pregunta de trabajo según las consignas del capítulo 3 y el 5.3, es posible que ya cumpla bien con el presente paso (el paso 10 del **texto original**) y que ya sepa qué dato(s) anotará en su libreta de campo al llegar a cada unidad de respuesta (caso). En palabras más formales (recuadro 5.4.1) es posible que ya haya definido bien su *variable de respuesta*: el dato que medirá al llegar a la unidad de respuesta determinada (caso). Pero también es posible que de golpe se dé cuenta de que la Pregunta inicial no había precisado adecuadamente la variable de respuesta. El **texto original** (pp. 53) presenta un ejemplo: ¿Cómo varía la tasa de invasión de especies exóticas de plantas, entre concesiones taladas selectivamente y zonas de bosque sin tala? No es factible llegar a una unidad de respuesta y anotar “tasa de invasión tal y tal” en la libreta. Hay un gran número de variables de respuesta posibles. Cada una trata sobre otro aspecto de “tasa de invasión” y lleva a un diseño único. Unas variables pueden registrarse durante una sola visita. Sin embargo, ellas son las menos relevantes a su Concepto de Fondo de que la abertura del dosel por la tala selectiva, y el daño físico hecho al sotobosque y al suelo, podrían favorecer la invasión por plantas exóticas, y su Inquietud Particular de que la tala de bosque en su reserva podría acelerar el proceso de invasión por especies exóticas. Las variables de respuesta con más significado biológico requieren múltiples visitas a las unidades de respuesta y diseños muy distintos, hasta volver al paso 2 para reajustar el ámbito temporal de la Pregunta.

Entonces le aconsejamos lo siguiente en este paso 9:

- ▶ Revisar la variable de respuesta (lo que va a medir) con respecto a la cadena Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular más la historia natural y su sentido común. ¿Ésta es la variable que tiene más significado biológico, o más importancia a la conservación y el manejo? Si ya no le parece ser la más significativa, cambiarla y ajustar la Pregunta.
- ▶ Ahora volver a revisar la variable de respuesta para asegurarse de que la podrá registrar

directamente y anotar directamente en su libreta de campo, o por lo menos que podrá anotar los elementos que llevarán a ella según varias visitas. Si no, replantear la variable de respuesta y ajustar la Pregunta.

- ▶ No elegir a ciegas la variable de respuesta simplemente porque es la empleada por otros. Sospechar en particular de las variables de respuesta más difundidas, las empleadas en los trabajos más citados o las empleadas por los investigadores más destacados (hasta su profesor inclusive).
- ▶ Reconocer que a veces se pueden medir dos o más cosas, es decir registrar dos o más variables de respuesta, sin ningún cambio en los pasos 1 – 8 y 11 en adelante, sólo con ajustes menores del próximo paso 10. Por ejemplo, la Pregunta “¿cómo varía la altura hasta decimales, la edad (años) y el color de los ojos, entre los hombres y las mujeres que se encuentran dentro del estadio La Bombonera durante este partido entre Boca y River?” precisa tres variables de respuesta medidas en exactamente las mismas unidades de respuesta en el mismo momento.
- ▶ Reconocer que por otro lado, el registro de dos o más variables de respuesta puede llevar a diseños bastante o muy diferentes en los pasos 10 – 12 y hasta los pasos 1 y 2 aunque se refieran a una misma Inquietud Particular. Si es así usted debe plantear una Pregunta distinta para cada variable de respuesta. Realmente las dos Preguntas sobre la tala de bosque deberían haber sido seis Preguntas porque, como ha visto y como verá, los tres grupos de vertebrados exigen metodologías (paso 10) y unidades de evaluación (paso 11) netamente distintas aunque no exigen ningún cambio en los pasos 1 – 8.
- ▶ Reconocer que es poco probable que su Pregunta sobreviva a este paso sin ningún ajuste, al mínimo para aumentar la exactitud y precisión de lo que usted medirá y anotará en la libreta de campo.

Además es urgente que su paso 9 precise no sólo la variable de respuesta sino también la *clase de datos* de que se trata (ver definición en el recuadro 5.4.1), un concepto que no surgió hasta el capítulo 5 del **texto original** pero que ahora es imprescindible a este paso del diseño en este capítulo. Puede tratarse de datos cuantificados hasta decimales (*datos de intervalo*); datos cuantificados hasta números enteros, por ejemplo clases de edad, número de huevos por nido y rangos de tamaño (*datos ordinales*) o datos “cualitativos” en lugar de cuantitativos, por ejemplo especie, gremio, sexo o color (*datos nominales* o *clasificatorios*). No hay una clase de datos que sea “mejor” o “más científica” que las otras. Es lo que hay. Por ejemplo, la Pregunta inventada sobre los hombres y las mujeres encontrados dentro del estadio “La Bombonera” lleva a datos de intervalo (altura), datos ordinales (edad) y datos nominales (color de ojos). Existe una tendencia muy desafortunada entre los ecólogos y biólogos de la conservación, a despreciar inconsciente o conscientemente los datos que no lleguen hasta decimales, es decir despreciar a los datos ordinales (hasta tratarlos como si fueran datos de intervalo en sus pruebas estadísticas) y más todavía a los datos nominales. Esta tendencia, instigada y secundada por malentendidos estadísticos y la “envidia de la física” (“physics envy” en inglés), ha llevado a consecuencias desafortunadas hasta graves en campos como el análisis estadístico, la inferencia estadística y la medición de la biodiversidad.

Finalmente, si usted está submuestreando (paso 12) es imprescindible que reconozca la diferencia fundamental entre un *dato básico* y un *dato derivado* y que reconozca cuál está anotando en su libreta de campo o analizando al volver al escritorio (capítulos 5.5 y 5.9). Si la Pregunta trata sobre la herbivoría experimentada por plantas creciendo en diferentes contextos y la unidad de respuesta es una planta, puede decidir no submuestrear, es decir registrar la herbivoría en una sola hoja (unidad de evaluación, paso 11) por cada planta. Con ese dato básico usted caracterizará la planta como un todo respecto a su grado de herbivoría. No calculará ningún dato derivado. Sin embargo, usted conoce la historia natural y sabe que el grado de herbivoría puede variar notoriamente entre hoja y hoja de una

misma planta, y que no te costaría mucho tiempo examinar varias hojas en lugar de una sola. Entonces tiene mucho sentido submuestrear, es decir revisar varias hojas en una misma planta. Ahora anotará un dato básico por cada una de las hojas de la planta, con la intención de sacar el dato derivado después. Puede decidir registrar simplemente la presencia o ausencia de herbivoría, un dato nominal. Puede decidir registrar el rango de herbivoría respecto a los tejidos removidos por herbívoros (por ejemplo rango 0 = 0%, rango 1 = 1 - 5%, rango 2 = 6 - 10%, rango 3 = 11 - 20%, rango 4 = 21 - 40%, rango 5 = 40 - 75% y rango 6 = > 75% de los tejidos removidos), un dato ordinal. Puede decidir registrar el porcentaje exacto, hasta decimales, de los tejidos removidos por herbívoros, un dato de intervalo.

En otro momento volverá a los datos básicos a fin de caracterizar cada planta por un dato derivado (capítulo 5.5). Sin embargo es interesante destacar aquí que con esa misma información usted podrá calcular también la *frecuencia* de herbivoría (número de hojas dañadas / número total de hojas muestreadas) -un dato de intervalo- de cualquier conjunto de datos básicos: presencia/ausencia, rango de daño o porcentaje de daño. Abajo exploraremos más este ejemplo según la diferencia notoria entre el dato básico y el derivado, y uno más sencillo: la Pregunta de la compactación de suelos. Para variar, en el capítulo 5.9 hablaremos de ejemplos más complejos: las Preguntas sobre la biodiversidad y las sobre la estructura de población.

Desarrollo adicional del paso 10. Seleccionar cómo va a medir y registrar su variable de respuesta, incluyendo los equipos empleados. Es decir, ¿cómo se obtendrán los datos de la variable de respuesta a fin de alcanzar la lectura más fiel que sea posible de lo que quiere saber (ver el paso 13)? Esto es la metodología. Reconocer que muchas metodologías y hasta las más recomendadas no sólo le proveen de una lectura infiel de lo que quería medir sino que también pueden introducir, y si las usa usted tendrá que ajustar la Pregunta.

La inquietud al fondo de este paso (el paso 12 del **texto original**), una variante de “¿realmente

estoy midiendo lo que quería medir?”, es “¿cuál **metodología** me dará la lectura más fiel (realmente, la menos infiel) de lo que quiero medir?” Si su Pregunta es “¿cómo varía la altura hasta decimales, la edad (años) y el color de los ojos, entre los hombres y las mujeres que se encuentran dentro del estadio La Bombonera durante este partido entre Boca y River?” este paso no parece presentar ningún reto insuperable. Usted empleará respectivamente una cinta métrica, una entrevista rápida y una observación visual directa. Pero ¿una entrevista rápida le dará una lectura fiel de la edad de la persona? ¿No es posible que reste unos años de su edad verdadera? ¿Habría una metodología más intrusa pero más confiable de conseguir la edad verdadera? Sí, pedir que le permita revisar su documento y correr el riesgo de que se lo niegue o lo pegue a usted.

El **texto original** (pp. 54-56) destaca la importancia de cuestionar la metodología que uno usa para cualquier estudio.. Por ejemplo, el uso de trampas vivas Sherman como metodología de evaluar la abundancia y diversidad de especies de pequeños mamíferos no le provee de una lectura fiel (pp. 55). Así la Pregunta de trabajo 1 sobre la tala de bosque, ahora enfocado sólo en los pequeños mamíferos (ver el paso 9), requiere otro ajuste. Ahora debería ser:

Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de pequeños mamíferos del piso de bosque *capturados en trampas vivas Sherman* en la periferia de la reserva, entre concesiones de bosque taladas selectivamente y zonas difusas de bosque sin tala?

¿No es más honesta? Ya explicita que la abundancia y diversidad no se refiere a todos los pequeños mamíferos sino sólo a los capturados en trampas vivas Sherman, los que nunca representarán bien la fauna de pequeños mamíferos como un todo. Asimismo este reconocimiento explícito debería incidir en la Reflexión y Aplicación.

Igual, si estuviera empleando redes de neblina (de niebla) para evaluar la abundancia y diversidad de especies de aves su Pregunta verdadera sería:

Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de aves de bosque *capturadas en redes de neblina en el sotobosque* en la periferia de la reserva, entre concesiones de bosque taladas selectivamente y zonas difusas de bosque sin tala?

ya que la única lectura fiel que las redes de neblina le brindan, para aves o para murciélagos, es la de los respectivos vertebrados voladores “que por alguna razón, pasaron volando en ese momento en particular a través de una minúscula porción de un estrato de un bosque muy complejo y que no alcanzaron a evitar la red” (**texto original**, pp. 55).

Entonces para las aves ¿las observaciones visuales y auditivas registradas por un pajarólogo muy capaz le dan una lectura fiel de la avifauna? No. El pajarólogo teórico del ejemplo de la tala de bosque del **texto original** o uno verdadero entre las decenas de miles de pajarólogos que realizan tales estudios, *no está registrando aves sino está registrando registros de aves*. Ese reconocimiento es una lección de humildad, una todavía no muy difundida o deseada entre los que trabajan con aves, reptiles, grandes y medianos mamíferos y muchos otros grupos de animales móviles “contados” por observación. Quinn *et al.* (2011) aprendieron esta lección de humildad estudiando a fondo las pocas especies de aves que habitan en el estructuralmente sencillo hábitat de las praderas y arboledas de centro norte de los Estados Unidos. Encontraron que sus registros visuales de aves no les dieron conteos exactos de las aves que realmente estaban. Entonces ¿cree usted que los registros visuales y auditivos de pájaros de la “megadiversa” avifauna del estructuralmente complejísimo bosque tropical, llevarán a una lectura fiel de la avifauna? De ninguna manera (ver **texto original**, pp. 55). La “detectabilidad” de las aves varía notoriamente entre especies, sexos, edades y épocas. Además, si usted está recorriendo un transecto y registra un ejemplar de la especie A, siete minutos después hace otro registro de la especie A y nueve minutos después hace otro registro más de la especie A ¿cuántos pájaros has registrado realmente? ¿1, 2 o 3? No hay manera de saberlo. Lo único justo es volver a plantear la Pregunta ya enfocada en las aves:

Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de los *registros visuales o auditivos de aves* de bosque en la periferia de la reserva, entre concesiones de bosque taladas selectivamente y zonas difusas de bosque sin tala?

[Luego, en el capítulo 5.9 aprenderá una manera más elegante de plantear ésta y otras Preguntas sobre la biodiversidad.]

Unos pocos investigadores muy conscientes de este punto han intentado conseguir una lectura fiel de la avifauna tropical por emplear varias metodologías simultáneamente. Por ejemplo Barlow *et al.* (2007) realizaron un estudio cuidadoso, intensivo y extensivo (con réplicas verdaderas de bosques de diferentes niveles del factor de diseño) que empleó puntos de conteo, recorridos de transectos y redes de neblina. Sin embargo, los autores recalcan que aún su trabajo meticuloso llevó sólo a una “lectura menos infiel” de la avifauna realmente existente, que la que habría resultado del uso de una sola metodología.

¿Ahora tienen más sentido las dos definiciones de diseño? Si no puede alcanzar una lectura fiel de lo que quería saber (lo que quería medir, en este paso), debe ajustar la Pregunta según lo que la toma de datos permitirá. Entre los tres grupos de vertebrados evaluados según la tala de bosque parece que sólo la de los anfibios de sotobosque sobrevivirá a este paso relativamente indemne:

Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de los anfibios de sotobosque *encontrados* en la periferia de la reserva, entre concesiones de bosque taladas selectivamente y zonas difusas de bosque sin tala?

puesto que en teoría, los herpetólogos cuidadosos pueden alcanzar todos los anfibios que realmente están dentro de su pequeño “túnel” de 2 x 2 x 250 m. Sin embargo, la palabra “encontrados” es necesaria porque todavía podría haber unos ejemplares no encontrados. Ni siquiera la metodología de la búsqueda cuidadosa de anfibios siempre da una lectura netamente fiel de lo que uno quería medir.

Antes de analizar otras Preguntas con respecto a este paso 10 es imprescindible recalcar que muchas metodologías, en particular las usadas para detectar animales móviles, no sólo le pueden dar una lectura infiel de lo que quería saber sino que también el grado de infidelidad puede variar entre los niveles del factor de diseño, así introduciendo una nueva clase de factor tramposo en su indagación. El **texto original** (pp. 56) explica que es probable que las redes de neblina capturen una proporción mayor de la avifauna en concesiones taladas que en zonas de bosque no taladas. Lo mismo aplicaría a murciélagos, así poniendo en duda la veracidad de los resultados de los numerosos estudios que pretenden evaluar la fauna de murciélagos por medio de redes de neblina en bosques talados y no talados. Las redes de neblina –realmente la única alternativa para los murciélagólogos ya que los detectores acústicos pueden proveer una lectura algo fiel sólo de cuáles especies están presentes pero no de sus abundancias- introducen un factor cada vez más tramposo en estudios comparando bosques de diferentes estaturas, estudios comparando bosques con arbustales y peor todavía estudios comparando bosques con chacras o claros. *Por eso es imperativo que cualquier estudio que emplea redes de neblina en el paso 10 lo explicita en la Pregunta de trabajo y lo tome explícitamente en cuenta durante la Reflexión y Aplicación.*

Y de manera análoga los pajarólogos recorriendo su transecto a plena luz del día para observar las aves visual y auditivamente, tienen una razón más de explicitar en su Pregunta que no están registrando aves sino que están anotando *registros* de aves. Su metodología no sólo les está dando una lectura infiel de las aves que están realmente presentes en cualquier hábitat vegetado sino también les está dando una lectura más infiel todavía en los hábitats más atestados de vegetación: otro factor tramposo. ¿Dónde será más difícil detectar las aves realmente presentes, en el sotobosque del bosque sin tala o en una concesión talada 6 años atrás y ya atiborrada de la vegetación regenerándose? Por otro lado ¿dónde será más difícil detectar las aves realmente presentes, en el sotobosque del bosque sin tala o en el sotobosque en la concesión talada experimentalmente sólo unas pocas semanas o meses atrás?

Volvemos a recalcar que este paso les exigirá a muchos investigadores que no sólo ajusten su Pregunta de nuevo sino que también tengan mucho cuidado a la hora de interpretar los hallazgos y más todavía a la hora de aplicarlos. El uso de un aparato sofisticado o un programa de computación sofisticada, por ejemplo el renombrado programa “Distance”, no cambia el hecho de que usted está anotando registros de animales, no los animales mismos (ver el anexo I). Y si está empleando un método indirecto, uno que ni siquiera le provee de registros visuales o auditivos del animal mismo, debe tener más cuidado todavía. Muchos guardaparques y biólogos trabajando con mamíferos grandes y medianos emplean huelleros o conteos de heces fecales a lo largo de transectos. Los huelleros y conteos de heces fecales pueden proveer lecturas sumamente infieles de cuáles y cuántos mamíferos realmente están presente. ¿Qué significa 33 bostas de tapir a lo largo de un transecto de muchos kilómetros? ¿Un gran número de tapires estreñidos, o tres con la diarrea? ¿Qué significa un gran número de huelleros con huellas de tapires a través de todas sus parcelitas? ¿El tránsito de una manada de tapires tranquilos una sola vez, o la llegada de un solo tapir muy inquieto y dando vueltas? Estas metodologías y otras para obtener evidencias indirectas no miden las abundancias de los animales sino indican *la intensidad relativa de uso del hábitat* por la(s) especie(s) sea lo que sea el número de ejemplares involucrados.

En fin, si usted trabaja con vertebrados móviles, en particular los de hábitats tridimensionales y/o tupidos, le podría ser muy difícil o imposible conseguir una metodología que le dé una lectura fiel de lo que quería saber. Sea humilde y honesto: ajuste su Pregunta y tenga cuidado en la Reflexión y Aplicación. Y hemos hablado principalmente de los vertebrados terrestres, cuyo ambiente y punto de vista podemos lograr compartir un poco. ¿Los peces de un río muy turbio? ¿Los peces y los invertebrados del mar abierto? ¿Los invertebrados terrestres? Afortunadamente, si usted trabaja con esos grupos u otros difíciles de “leer fielmente” hay nuevas ediciones de Sutherland (2006) y de Southwood & Henderson (2006) para avisarle de las metodologías y el grado de infidelidad que cada una le proveerá.

Por ahora parece que sólo los macroorganismos inmóviles, tales como las algas e invertebrados de la zona rocosa intermareal o las plantas del bosque, nos rendirán lecturas algo fieles de lo que queríamos saber. Sin embargo, antes de que los botánicos se feliciten por ser casi los únicos biólogos terrestres capaces de conseguir una lectura fiel de lo que realmente existe puesto que sus plantas son inmóviles y visibles, cabe mencionar que Gray & Azuma (2005) encontraron que las listas de especies de plantas vasculares armadas por dos botánicos expertos, muestreando exactamente los mismos cuadrantes del noroeste de los Estados Unidos, coincidieron en sólo los 67% - 71%. Parece que la “lectura fiel” de lo que queríamos medir es un ideal inalcanzable, al menos para Preguntas que tratan de la biodiversidad. Por suerte no todas las Preguntas tratan sobre este tema.

Volvamos a las metodologías de unas de las otras Preguntas propuestas durante los pasos anteriores. ¿Cómo contestamos la Pregunta, “En la mañana del 31 de febrero 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo, entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) del centro del sendero?”? Empleamos un “penetrómetro de suelos” (en inglés, “soil penetrometer”) casero: un clavo fuerte de unos 32 cm de largo que golpeamos con una piedra usando una fuerza estándar, hasta que penetre al centímetro 30. Registramos el número de golpes como el índice a la dureza de suelo. Si sentimos que el penetrómetro ha encontrado una raíz o una piedra, descartamos el dato y buscamos otro punto dentro de la zona difusa de suelo. Por lo tanto, la Pregunta puede ser más precisa:

“En la mañana del 31 de febrero 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo (*número de golpes del penetrómetro*), entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) del centro del sendero?”

La metodología da una lectura bastante fiel de la dureza del suelo integrado a través de la capa de 30 cm, y no entrega ningún factor tramposo. De hecho, la lectura obtenida con el penetrómetro casero puede ser más fiel que la obtenida mediante un penetrómetro de suelo “oficial” comprado por muchos dólares, ya que el segundo no te avisa al encontrar una raíz o piedra.

Desarrollo adicional del paso 11. Seleccionar la unidad de evaluación en que se toma el dato básico (ver el paso 13). En cada una de ellas usted empleará su metodología (paso 10) para obtener el dato básico de la variable de respuesta (paso 9), así obteniendo datos de manera uniforme en cada una de las unidades de repuesta (los casos) de lo que está comparando. Especificar su delineación: natural o arbitraria. Si su delineación es arbitraria, explicar cómo será y justificar explícitamente su selección. Cuidar que su elección de la unidad de evaluación no introduzca factores tramposos (ejemplo: parcelas de tamaño fijo para Preguntas que tratan sobre la diversidad y composición de especies). De hecho si la Pregunta trata de la diversidad y composición de especies, tener cuidado especial en este paso y el paso 12 a fin de acercarse a una lectura fiel de esos conceptos, y revisar el capítulo 5.9.

¡Finalmente hemos llegado a las parcelas, transectos, cuadrantes y más! En este paso seleccionamos la naturaleza y dimensiones de la *unidad de evaluación* que nos dará un valor representativo, el dato básico, de la *variable de respuesta* (paso 9), empleando la *metodología* del paso 10, para cada *unidad de respuesta* de lo que estamos comparando. La unidad de evaluación siempre presenta dimensiones espaciales y/o temporales más precisas que las de la unidad de respuesta. Consideremos la Pregunta sencilla: “En el año 20XX ¿cómo varía la altura, entre los hombres y las mujeres de... (lugar)?” Usted ya sabe que la unidad de respuesta es una persona, masculina o femenina. Ya sabe que al llegar a la unidad de respuesta (persona) se registrará su altura, por ejemplo hasta milímetros mediante un metro (cintra métrica). ¿La unidad de evaluación? Aquella

persona *en ese momento de tiempo*. ¿Por qué en ese momento de tiempo? Porque una mujer o un hombre, es decir una misma unidad de respuesta, podría mostrar pequeños cambios en su talla entre momento y momento, hora y hora, día y día o año y año según la edad, la salud, el ánimo, el cansancio, la postura o lo bebido la noche anterior.

De manera semejante, si la Pregunta tiene que ver con la herbivoría experimentada por hojas y el dato básico de la variable de respuesta es “presencia o ausencia de daño”, “rango de intensidad de daño” estimado al ojo (paso 10) o “porcentaje de los tejidos removidos por herbívoros” calculado cuidadosamente con una grilla dibujada en una lámina transparente (paso 10), la unidad de evaluación es *la hoja en ese momento*. La misma hoja podría mostrar otro grado de herbivoría el día o semana siguiente ¿no?

La persona en un momento dado y la hoja en un momento dado son ejemplos de *unidades de evaluación naturales*. Tanto como las unidades de respuesta *naturales*, son visibles y reconocibles. No requieren ningún ajuste de la Pregunta (¡qué alivio!). Si la Pregunta ya está bien redactada son incapaces de introducir un factor tramposo en el diseño. Sin embargo, en muchas indagaciones tenemos que plantear y emplear unidades de evaluación *arbitrarias*, y al seleccionarlas nos debería surgir de nuevo la inquietud que nos ha molestado desde el paso 9: ¿realmente estoy midiendo lo que quería medir? Si usted aplica a ciegas una unidad de evaluación encontrada en la bibliografía o una exigida por su profesor o jefe, en lugar de aplicar su sentido común y considerar cuidadosamente la historia natural, la respuesta honesta casi siempre será... **¡no!** Pero antes de que se ponga más ansioso todavía, consideremos dos ejemplos sencillos de unidades de evaluación arbitrarias.

Volvamos a la Pregunta: “En la mañana del 31 de febrero 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo (número de

golpes del penetrómetro), entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) del centro del sendero?” La unidad de respuesta (caso) es la zona difusa a su distancia. ¿Cómo será la unidad de evaluación? A simple vista sería *el punto dentro de la zona difusa donde colocamos el clavo al momento de golpearlo*. Pero ¡ojo! No es sólo el punto (geoméricamente sin dimensión) sino es el tramo atravesado por el clavo cuando pasa por la capa hasta 30 cm. Por tanto es: *la línea vertical de 30 cm atravesada por el clavo y perpendicular a la superficie del suelo, al momento de golpear el clavo*. Esa unidad de evaluación estándar nos dará el registro de lo que estamos midiendo: el número de golpes. Es arbitraria porque no presenta una forma visible y no se distingue del número infinito de otras líneas verticales que podrían pasar verticalmente por la unidad de respuesta. Se define por el simple acto de colocar la punta del clavo sobre el suelo. Y ¿la Pregunta lacustre, la que usted planteó según el desafío que le dimos a finales del paso 6? La laguna presenta un espejo de agua abierta y un sector cubierto de vegetación acuática. Las unidades de respuesta son “día-agua abierta” y “día-agua cubierta de vegetación acuática”. La investigadora está registrando registros de las aves acuáticas en cada uno de los dos sectores de la laguna con telescopio durante un mismo día pero ¿ella decide anotar la llegada y salida de cada ave desde la madrugada hasta el atardecer, sin parar? Puede ser, si es una pajaróloga obsesiva que quiere conseguir la lectura más fiel que sea posible, pero no es necesario. Por ahora le propondríamos que la unidad de evaluación fuera, por ejemplo, “una revisión completa de las aves acuáticas que están en un determinado sector de la laguna, de duración de unos 9 minutos” (lo último para asegurar que las aves buceadoras sumergidas emerjan y entren en el registro).

Esos ejemplos sencillos de unidades de evaluación tuvieron sentido para usted ¿no? Bueno, ahora discutamos unidades de evaluación más inquietantes: los famosos transectos armados para medir lo que se va a medir dentro de la unidad de respuesta. Los transectos de horario fijo, tiempo fijo y dimensiones espaciales fijas para conseguir datos de animales, o variantes tal como líneas de 10 puntos de conteo de

registros de aves, son unidades de evaluación muy frecuentes para medir la abundancia o densidad de una sola especie de vertebrado o para medir la diversidad, abundancia y/o composición de especies (ver el capítulo 5.9). Sin embargo, la utilización de estas unidades de evaluación estándares pueden darnos una lectura infiel de lo que queremos saber e incluso llevarnos a introducir factores tramposos en el diseño. Por ejemplo, el horario estándar propuesto en el **texto original** (pp. 35-36, 53-54), desde las 21:00 hasta las 23:00 horas, para revisar el transecto como unidad de evaluación de la abundancia y diversidad de ranas, es una elección típica. Pero al autor de aquel texto, Feinsinger, le faltó considerar la historia natural. No todas las especies de anfibios del sotobosque presentan las mismas horas pico de actividad nocturna. Unas están más activas pronto después del atardecer, otras durante el horario propuesto para el transecto, otras después de la medianoche y otras a la madrugada. Es muy probable que el transecto recorrido sólo entre las 21 y las 23 horas no lleve a una lectura fiel de la abundancia y diversidad de especies de ranas. Hay dos soluciones. La primera es ajustar la Pregunta:

Durante el año 20XX ¿cómo varía la abundancia y diversidad de especies de los anfibios de sotobosque encontrados en la periferia de la reserva *desde las 21:00 hasta las 23:00 horas*, entre concesiones de bosque taladas selectivamente y zonas difusas de bosque sin tala?

La segunda...tenga paciencia hasta el paso 12.

Y ¿los transectos para aves en el ejemplo de la tala de bosque? Primero, se revisan solo durante el día ¡obvio!. Pero ¿no hay aves nocturnas en un bosque tropical (o templado o boreal)? ¡Sí! ¿Los transectos recorridos entre las 06:00 y las 08:00 horas muestrean aves nocturnas o crepusculares? ¡No! Entonces al inicio de este paso 11 ya debemos ajustar la Pregunta para que hable explícitamente de *los registros visuales o auditivos de aves diurnas de bosque*. Además las diferentes especies y gremios de aves diurnas muestran una variedad de horas pico de actividad, más todavía que la variación en horario

entre las ranas nocturnas. Muchas aves sí están más activas durante las primeras horas de luz pero otras no (por ejemplo, muchas aves rapaces o carroñeras, unas aves frugívoras medianas y grandes). Como en el caso de las ranas, una alternativa es ajustar la Pregunta para que hable de los registros tomados sólo dentro de ese horario y la otra deberá esperar al siguiente paso 12.

Hay más para tener en cuenta en la selección de la unidad de evaluación. El uso de transectos (o, puntos de conteo) para aves sólo durante las primeras horas de luz puede introducir un factor tramposo en el diseño. A la madrugada ¿dónde hay más luz, debajo del dosel continuo del bosque sin tala o debajo del dosel discontinuo de la concesión talada? Entonces ¿las aves podrían despertarse más temprano en cuál? Dejamos que usted piense en la implicaciones de esto, no sólo respecto a aves en bosque con y sin tala sino también respecto a cualquier Pregunta involucrando hábitats de diferentes grados de perturbación o diferentes estructuras, y animales con ritmos diurnos influidos por la primera luz y/o la última luz del día. Por supuesto, si usted está empleando transectos para medir las plantas fijas o los invertebrados fijos de la zona rocosa intermareal, ¡no tiene que preocuparse! Sin embargo...

Vale seguir más allá con el examen riguroso de las unidades de evaluación de dimensiones espaciales fijas, tales como transectos de largo y radio (o, altura y ancho) fijos y... ¡las *parcelas*! [Antes de nada, ¡OJO! Hay un cambio de nomenclatura en el ejemplo de la tala de bosque, entre el **texto original** y este **Suplemento**. Aquel autor Feinsinger (2004), como muchos otros, empleó el término “parcela” para definir una concesión forestal rectangular con tala selectiva que realmente era la *unidad de respuesta* o caso de uno de los niveles de lo que se *comparaba*. Fue una elección muy desacertada de palabra, ya que el uso más común de “parcela” por los ecólogos y biólogos de la conservación que no son forestales ni agrónomos ni campesinos, es para definir... ¡una *unidad de evaluación*, lo que pertenece exclusivamente a lo que se está *midiendo*! Este **Suplemento** emplea a propósito el término “concesión” para definir la unidad de respuesta de

bosque talado selectivamente, como ha visto ya por muchas páginas. Les pedimos perdón a todas las ex víctimas de los cursos y otros usuarios/lectores del **texto original** por toda la confusión que ha resultado, y les prometemos a todas las futuras víctimas que cambiaremos “parcela TS” por “concesión TS” en los materiales escritos y en las clases.]

Volviendo al tema... el uso de parcelas o transectos de tamaño fijo como unidades de evaluación tiene una larguísima historia en el estudio de la vegetación terrestre, la vegetación marina (por ejemplo algas de la zona intermareal), los invertebrados (por ejemplo los macroinvertebrados de suelo, donde la parcela bidimensional se vuelve una tridimensional, un volumen) y por supuesto los vertebrados. En principio la idea de usar un área o volumen estándar como la unidad de evaluación parece tener sentido, para que los datos sean comparables entre una y otra unidad de respuesta. Y sí tiene sentido para Preguntas donde se mide, por ejemplo, la densidad de población de una especie de planta (ver la figura S.4.5 del paso 17) o de un invertebrado, ya que por definición “densidad” es el número de ejemplares por unidad de longitud (de transecto), de área o de volumen. Sin embargo, desde mediados del siglo XIX las parcelas o transectos de tamaño fijo también se han empleado como las unidades de evaluación para otra clase de estudio: la caracterización de la vegetación, o de la fauna (las primeras décadas del siglo XX en adelante), en cuanto a su composición de especies y sus abundancias relativas. La mayoría de estudios de la diversidad y composición de especies, en la práctica común “la biodiversidad” (pero ver Noss 1990), sigue empleando unidades de evaluación de área o volumen fijo a través de las unidades de respuesta de los diferentes niveles del factor de diseño.

El Concepto de Fondo de los estudios de la biodiversidad suele parecerse al Concepto de Fondo del ejemplo de la tala de bosque o la laguna con agua abierta y agua con vegetación acuática: por lo general, la composición y/o diversidad de especies varía según (a) la perturbación, (b) el ambiente físico o (c) la ubicación biogeográfica. Sea lo que sea la Inquietud Particular y la Pregunta, se quiere

conseguir una lectura fiel de cuáles y cuántas especies, y cuántos ejemplares de cada una, están en las unidades de respuesta de los diferentes niveles del factor de diseño.

Consideremos una parcela de tamaño fijo de 1 hectárea, la que seleccionamos como nuestra unidad de evaluación para medir “la biodiversidad” de los árboles a través de una variedad de bosques tropicales. En promedio podría haber unos 900 árboles maduros dentro de la hectárea. Empecemos por un bosque monoespecífico, por ejemplo uno de *Mora excelsa* en Guyana. ¿La parcela de 1 ha dará una lectura fiel de la “biodiversidad”, sin que falte ninguna especie arbórea que realmente esté presente? ¡Obviamente sí! Ahora pasemos a un bosque nublado de la vertiente oriental de los Andes tropicales, con unas 300 especies de árboles. ¿La parcela de 1 ha incluirá a todas las especies arbóreas del bosque, entre sus 900 troncos? Mmmmmmm... lo dudamos mucho. Finalmente pasemos a un bosque subtropical al pie de monte de la misma vertiente, donde se mezclan elementos del bosque nublado, el bosque amazónico y otras floras. Hay casi 900 especies de árboles. ¿Los 900 troncos en nuestra unidad de evaluación fija nos darán una lectura fiel de las 900 especies? ¡Obviamente no! Entonces una unidad de evaluación de tamaño fijo nos dará una lectura cada vez más infiel de la biodiversidad a medida que ésta aumenta.

En fin, si la biodiversidad verdadera difiere entre las unidades de respuesta de un nivel y otro del factor de diseño, *la proporción de aquella biodiversidad registrada por una unidad de evaluación de tamaño fijo también variará entre niveles. Se introducirá un fuerte factor tramposo en el diseño, y las aparentes tendencias en los resultados serán falsas.* No hablamos sólo de estudios de la vegetación. Los biólogos de un determinado país caribeño usan parcelitas de 25 x 25 cm para caracterizar la altísima biodiversidad de la meiofauna de las playas. ¿Por qué? Porque sus tutores, de un determinado país europeo, usan ese tamaño de parcelita en sus playas mucho menos biodiversas. Como usted verá en el capítulo 5.9, debemos repensar la manera en que muestreamos (y representamos) la diversidad y composición de especies.

Hace más de medio siglo los ecólogos de la vegetación en el Reino Unido reconocieron el dilema de conseguir lecturas igualmente fieles de la abundancia y composición de especies de la vegetación herbácea, a través de hábitats que diferirían en la diversidad verdadera. Su sentido común y conocimiento de la historia natural les dieron la solución sencilla: curvas empíricas de la acumulación de especies. En breve, ampliaron el tamaño de su unidad de *evaluación* hasta que ya no encontraron nuevas especies en los registros acumulados. Eso significó que *invertían más esfuerzo* (muestrearon más ejemplares) *en unidades de respuesta con mayor diversidad*. Lastimosamente ese razonamiento sencillo se ha aplicado raramente a estudios de la biodiversidad en el América Latina, donde la gran mayoría de tales indagaciones siguen usando unidades de evaluación de tamaño fijo y recurren a programas sofisticados de computación (modelos de “rarefacción”) para estimar el número de especies que podrían haberse encontrado si se hubiera seguido el procedimiento sencillo, empírico y cuidadoso de los ingleses. Pero los modelos no siempre son confiables (Feinsinger 2012), y aunque fueran confiables respecto a su habilidad de estimar el *número* de especies no encontradas, de ninguna manera pueden decirnos *cuáles* eran las no encontradas ¡obvio!

Volveremos al caso especial de los estudios de la “biodiversidad” en el capítulo 5.9. Mientras tanto, aplique su sentido común y su conocimiento de la historia natural a la selección de su unidad de evaluación. Si está trabajando con cuestiones de la biodiversidad, esté consciente de la posible trampa hecha por un tamaño fijo, y de la manera de evitar la trampa, ajustando las dimensiones de sus unidades de evaluación a fin de conseguir una lectura igualmente fiel sea lo que sea el nivel de su factor de diseño.

Desarrollo adicional del paso 12. Decidir si hace falta emplear varias unidades de evaluación (submuestras) dentro de una misma unidad de respuesta (caso) a fin de darle un solo dato representativo de lo que se está midiendo (ver el paso 13), es decir un dato derivado (y ver los casos excepcionales del capítulo 5.9). Si decide submuestrear, no tentarse a pensar en

las submuestras dentro un mismo caso como si representaran casos distintos e independientes, es decir no cometer el pecado mortal de seudorreplicación. Dibujar un nuevo croquis o esquema, a otra escala que la del paso 8, de cómo serán sus decisiones según los pasos 11 y 12 al llegar a una unidad de respuesta (caso) determinada.

En el paso anterior ya hemos definido nuestra unidad de evaluación donde vamos a medir lo que queremos medir. En algunos casos la unidad de evaluación es casi de las mismas dimensiones (espaciales o temporales) que el caso. Por ejemplo, en la Pregunta de la altura de mujeres y hombres una sola unidad de evaluación (la medición de la persona en ese momento) nos provee de un dato representativo. Sin embargo, a veces la definición de la unidad de evaluación abarca un espacio o un tiempo mucho menor que lo que abarca el caso como un todo, por ejemplo una hoja de una planta para hablar de la herbivoría, un transecto recorrido entre las 21:00 y las 23:00 horas para hablar de las ranas de la concesión talada o la zona difusa de bosque sin tala o una revisión de 9 minutos de las especies de aves en la laguna con o sin vegetación para caracterizar las aves de esa laguna como un todo. Cuando es así, una sola unidad de evaluación no nos daría una lectura fiel de lo que queremos saber.

Si la unidad de evaluación es arbitraria, en unos estudios es posible incrementar su tamaño hasta que ella misma nos dé una lectura fiel de lo que queremos medir. Pero es posible que así se vuelva enorme y difícil de revisar. Por lo tanto una solución a ese dilema es *submuestrear*, es decir emplear varias unidades de evaluación, de dimensiones manejables, dentro de una misma unidad de respuesta (caso). De hecho los ecólogos de la vegetación ingleses también consiguieron lecturas fieles de la vegetación en sus unidad de respuesta por emplear múltiples parcelas (unidades de evaluación) de tamaño fijo, *submuestreando* hasta que la curva de acumulación de especies a través de las *submuestras* alcanzó su asíntota. Por supuesto el número de submuestras no tiene que ser uniforme, ya que se alcanza la asíntota más rápidamente en unos casos (unidades de respuesta) que en otros.

Volvamos a lo más sencillo. En la Pregunta de la compactación de suelos ¿tiene sentido submuestrear? Sí, ya que es poco probable que la medición en una sola línea vertical de 30 cm sea representativa del grado de compactación de suelos a través de la zona difusa de suelo como un todo. Puesto que la línea es... una línea, es decir unidimensional, no puede agrandarse. Por ende, en tales estudios solemos dispersar tres submuestras a través del área aproximada de la zona difusa, así registrando tres datos básicos por cada zona. Luego calculamos el dato derivado para caracterizar la zona como un todo: la media aritmética (promedio) o la mediana de los tres conteos de golpes (ver el capítulo 5.5). Este último le da un solo valor representativo de compactación a la zona como un todo.

En la Pregunta de la laguna ¿tiene sentido que la pajaróloga submuestree? Ella no debería sentirse satisfecha caracterizando cada unidad de respuesta (día-agua abierta y día-agua cubierta) como un todo, con una sola unidad de evaluación de 9 minutos. Para conseguir una lectura más confiable de lo que quería medir, cada 40 minutos durante el día ella implementa otra unidad de evaluación de 9 minutos. Luego resume los resultados por el día-sector como un todo. De manera semejante, el dilema de las aves y las ranas del ejemplo de la tala de bosque puede resolverse por recorrer los respectivos transectos en un mismo caso a diferentes horarios.

Recalcamos el principio fundamental de este capítulo 5.4: *debemos definir bien lo que estamos comparando (las unidades de respuesta) antes de definir lo que estamos midiendo en cada una. Si empleamos más de una sola unidad de evaluación por una misma unidad de respuesta (caso), es decir si tomamos la decisión consciente o inconsciente de submuestrear, debemos reconocer que aún no hemos cambiado ni la definición ni la naturaleza física de las unidades de respuesta.* Si colocamos 300 parcelitas de conteos de aves dentro de un mismo parche de bosque, no hemos logrado indagar 300 parches de bosque. Si recorrimos un mismo transecto de ranas cinco noches seguidas, cambiando el horario entre noche y noche, no tenemos cinco zonas de bosque sin tala. Si medimos la dureza del suelo tres veces en una misma zona difusa, no hemos creado tres zonas

de suelo. Si tomamos 99 mediciones de la altura de la compañera Julieta, no tenemos 99 Julietas.

Hurlbert (1984) llamó el error de interpretar 99 mediciones de Julieta como 99 Julietas la *seudorreplicación*, es decir el error de creer que las submuestras de una misma unidad de respuesta (una mujer, Julieta) son réplicas verdaderas de unidades de respuesta (casos) de un mismo nivel discreto del factor de diseño (mujeres). Interpretar 99 mediciones de Julieta como 99 Julietas muestra una notable carencia del sentido común ¿no? Entonces le planteamos una pregunta reflexiva (¡no es una Pregunta de trabajo!): ¿por qué los biólogos de la conservación, ecólogos y muchos otros profesionales cometen cada vez más el pecado mortal de la seudorreplicación? La intrigante relación entre la tala de bosque y la fauna, que parece atraer o crear una frecuencia desproporcionada de pecadores (Ramage *et al.* 2013), es sólo uno de muchos campos con abundantes estudios seudorreplicados (Hurlbert 2009). ¿Usted no quiere terminar en el infierno de los seudorreplicadores? Vuelva a revisar los dos últimos párrafos y en particular preste atención una vez más a las oraciones en cursiva.

No se olvide que el propósito de submuestrear es simplemente conseguir un sólo registro (un dato derivado) más representativo de lo que estamos midiendo, para la unidad de respuesta (caso) como un todo. Aquí surge una inquietud muy común: ¿cuál es mejor, (1) submuestrear menos (o no submuestrear), alcanzando más unidades de respuesta pero posiblemente sacrificando la exactitud del registro de lo que medimos en cada una, o (2) submuestrear más para alcanzar registros más exactos de lo que medimos en cada unidad de respuesta pero alcanzar menos unidades de respuesta? El consejo en el **texto original** (pp. 56-57) fue algo indeciso. El consejo actual es más directo: si el submuestrear implica un sacrificio significativo del tamaño de la muestra (número de unidades de respuesta), la alternativa 1 es casi siempre preferida... excepto en estudios de la “biodiversidad”, como verá en el capítulo 5.9.

Finalmente, en este paso 12 es crítico aclarar que la definición de la unidad de evaluación y la

unidad de repuesta puede depender de la escala de la Pregunta. ¿Se acuerda de la descripción, en el paso 11, de *la hoja en este momento* como la unidad de evaluación donde se mide la herbivoría? Revise la siguiente secuencia:

Observación: Las hojas de los árboles de pomelo (toronja) en la Colonia Primavera muestran alta variabilidad en el daño hecho por insectos herbívoros.

Concepto de Fondo: Por lo general los insectos herbívoros seleccionan, y dañan, las hojas en unas partes de la planta más que las hojas en otras. La selección depende no sólo de las características de las hojas mismas (edad, características físicas tal como la dureza, defensas químicas) sino también del microclima y el riesgo de depredación. Por ejemplo, hay diferencias llamativas en la humedad relativa, exposición al sol y viento, y exposición a depredadores entre la capa de hojas en el exterior del follaje y la capa de hojas en el interior. Estas diferencias inciden en la selección de hojas por los diferentes herbívoros, y en consecuencia la cantidad y clase de daño que las hojas experimentan.

Inquietud Particular: ¿Será que los insectos atacando los pomelos de la Colonia Primavera muestran preferencias entre las hojas de la capa exterior y las de la capa interior?

Pregunta de trabajo 1: A la tarde del (fecha) ¿cómo varía el porcentaje de tejidos de hojas removidos por animales herbívoros, entre las hojas de la capa exterior y las hojas de la zona interior de un árbol determinado de pomelo (= toronja) en la Colonia Primavera?

Pregunta de trabajo 2: A la tarde del (fecha) ¿cómo varía el porcentaje de tejidos de hojas removidos por animales herbívoros, entre las capas exteriores y las zonas interiores de los árboles de pomelo (= toronjas) en el pueblo de Colonia Primavera?

En la Pregunta 1 ¿cuál es el factor de diseño? ¿los niveles? ¿la unidad de respuesta? Y ¿en la Pregunta 2? ¡Correcto! En la Pregunta 1 el factor de diseño es “hojas en diferentes capas del pomelo indicado”, los

niveles son “hojas de la capa exterior” y “hojas de la capa interior” y son a su vez discretos naturales. La unidad de respuesta (caso) es una hoja, sea de la capa interior o de la capa exterior. Según el paso 8 el diseño es de dos niveles segregados espacialmente. En la Pregunta 2 el factor de diseño es “capas de hojas en árboles” y los niveles son “capas exteriores” y “capas interiores”, también discretos naturales. La unidad de respuesta es una capa, sea la exterior o la interior, de un árbol. Según el paso 8 los niveles son entremezclados, y cada árbol brinda un bloque de un caso (unidad de respuesta) por nivel. Para ambas Preguntas la unidad de evaluación es... una hoja en ese momento. En la Pregunta 1, como la unidad de respuesta es la hoja sea de la capa exterior o de la interior, no tiene ningún sentido submuestrear, ya que al evaluar la hoja en ese momento tenemos la idea completa de lo que pasa en el caso como un todo (que es la misma hoja ¡obvio!). Se toma el dato básico y ¡ya! Sin embargo en la Pregunta 2, como la unidad de respuesta es la capa de hojas (exterior o interior según el nivel) la evaluación de una sola hoja no nos brinda una idea confiable de lo que sucede en la capa de hojas como un todo (unidad de respuesta). Por lo tanto tiene mucho sentido submuestrear, seleccionando varias hojas de la capa exterior y varias de la capa interior de cada árbol. Submuestreamos, anotando el dato básico por cada una de las hojas dentro de una misma capa. Luego calculamos el dato derivado por cada capa como un todo, cualquiera que sea (ver el paso 9 y el capítulo 5.5).

*Desarrollo adicional del paso 13. Siempre y cuando sea factible, hacer un **premuestreo** o **reconocimiento preliminar** a fin de **ajustar las decisiones de los pasos 9 – 12 (la variable de respuesta, la metodología, la unidad de evaluación y el submuestreo), a fin de definir la naturaleza de las unidades de respuesta si son arbitrarias (paso 6) y a fin de obtener datos preliminares útiles al paso 14.***

Este paso, que no estuvo en el **texto original**, es imprescindible. Al redactar la Pregunta según las cinco pautas (capítulos 3 y 5.3) usted propuso crudamente lo que comparaba. Luego, en los pasos 4

– 8 de este capítulo afinó esto hasta el último detalle, incluyendo un croquis o esquema del paso 8. Ya no debería existir ninguna duda: en el estudio en sí estará comparando lo que quería comparar. También al redactar la Pregunta usted propuso crudamente lo que medía y luego, en los pasos 9 – 12 de este capítulo lo afinó hasta el último detalle e hizo el croquis del paso 12. Pero aquí sí debería haber bastante duda: ¿realmente esa elección de la unidad de respuesta arbitraria toma en cuenta adecuadamente la escala de lo que estoy comparando? ¿realmente esta variable de respuesta, metodología, unidad de evaluación y grado de submuestrear (o no) me medirán lo que quería medir? La única manera de resolver esta duda es realizar un estudio piloto o premuestreo, probando con ojo muy crítico todas las decisiones que tomaba en papel, empleando su sentido común y su conocimiento de la historia natural (lo que también crecerá durante este paso). Es posible que el resultado del paso 13 llevará a ajustes menores en el paso 6 si tiene que definir casos arbitrarios. Es casi cierto que el resultado del paso 13 llevará a ajustes menores hasta mayores en los pasos 9 – 12, y así en la Pregunta de trabajo misma.

Una vez afinados los pasos 9 – 12, antes de regresar a casa a fin de prepararse para emprender el estudio verdadero, tome datos pilotos de su(s) variable(s) de respuesta en *varias unidades de respuesta (casos) verdaderas*. Si el diseño es de niveles discretos, tome datos de casos de un nivel al mínimo. Si el diseño es de niveles continuos, tome datos de casos de una variedad de niveles continuos. Estos datos preliminares le ayudarán a cumplir con el paso 14.

*Desarrollo adicional del paso 14. Decidir el **tamaño de la muestra**, es decir: el número de unidades de respuesta (casos) por cada nivel del factor de diseño, si los niveles son discretos, o el número total de casos si los niveles son continuos. La decisión debería basarse en los datos del premuestreo (paso 13) si lo ha podido realizar, y en su conocimiento de la historia natural. Si no es factible alcanzar el tamaño de muestra adecuado, volver a revisar los pasos 9, 10, 11 y 12 (y otros pasos más atrás) y hacer ajustes.*

El fundamento de este paso es sencillo y tiene mucho que ver con el apéndice B del **texto original**. (a) Si los datos (valores u otros resúmenes) de la variable de respuesta en su muestreo varían mucho entre caso y caso (unidades de respuesta) de un mismo nivel discreto y el efecto cuantitativo del factor de diseño sobre aquellos valores no es bien llamativo, usted no podrá evaluar aquel efecto a menos que alcance un tamaño de la muestra (n) grande. (b) Si los datos varían poco entre caso y caso de un mismo nivel discreto y el efecto cuantitativo del factor de diseño sobre aquellos valores parece ser llamativo, es posible que pueda evaluar bien el factor de diseño con un n menor. También un diseño de bloques (paso 8 aquí, y ver la nota 4.7 del **texto original**, pp. 225), si es factible, casi siempre aumenta su habilidad de discernir la magnitud del efecto del factor de diseño. (c) Si los datos de la variable de respuesta en un diseño de niveles continuos muestran muchos altibajos bruscos una vez ordenados según el nivel, usted no podrá evaluar el factor de diseño a menos que alcance un n grande. (d) Si los datos en un diseño de niveles continuos presentan pocos altibajos bruscos -no tienen que ordenarse en una línea recta ni una curva sencilla, sólo que no haya tremendos zigzags en el gráfico entre datos sucesivos (ver el capítulo 5.5) es posible que usted pueda evaluar bien el factor de diseño con un n menor.

¿Qué significa “tamaño de la muestra grande” y “tamaño de la muestra menor”? Las técnicas del apéndice B del **texto original** y el apéndice 5.B de este Suplemento podrían ayudarle a estimar el tamaño de la muestra adecuado aunque “es correcto por razones incorrectas” (Nakagawa & Cuthill 2007) y sólo le proveerán de estimaciones muy crudas. En unos (muy pocos) estudios de diseños con niveles segregados (ver la figura 5.4.5, paso 17) o niveles discretos y entremezclados (especialmente un diseño de bloques, ver la figura 5.4.6, paso 17) un n de 4 o 5 por nivel alcanza. Más frecuentemente un n “mínimo” será de ≥ 12 unidades de respuesta (casos) por nivel discreto, y un n grande podría ser de cientos por nivel. En unos (muy pocos) estudios de diseños con niveles continuos, un n de 18 – 20 alcanza pero más frecuentemente uno de ≥ 40 es necesario. El n grande de unos estudios con niveles continuos, tal como el ejemplo usado por el texto clave sobre el

análisis de datos de diseños con niveles continuos (Keele 2007, ver el capítulo 5.5), puede ser de > 500 .

Entonces ¿qué hacer si le parece que será difícil conseguir un n adecuado según los pasos 1 - 13? En orden de prioridad:

1. Subir el n . ¿Cómo? Volver a los pasos 9 – 12 en particular y hace ajustes para bajar el esfuerzo invertido en cada unidad de respuesta aunque se sacrifique algo de la exactitud del registro de la variable de respuesta. A condición de que no cause daño a lo que está indagando (ver el próximo paso), siempre vale la pena alcanzar el n más grande que sea posible. El propósito ¡no es de alcanzar la significación estadística (ver el capítulo 5 y el 5.5)! sino es poder evaluar el significado biológico (anexo 5.I).
2. Vivir con el tamaño de la muestra técnicamente inadecuado si no hay otra, reconocer explícitamente esta limitación e interpretar cuidadosamente el significado biológico de los pocos hallazgos. Si todos los seis bloques del diseño 12 del ejemplo de la tala de bosque (figura 4.3 del **texto original**, pp. 39), a través de las tres formaciones vegetales, muestran una diferencia notoria en la diversidad y abundancia de un grupo de vertebrados entre sus concesiones taladas y sus zonas sin tala –o si ninguno muestra ninguna diferencia notoria- esa información nos ayudará a tomar la decisión sobre la pauta de manejo aunque reconocemos que la debemos tratar con mucha cautela y aunque falte la significación estadística (capítulos 5 y 5.5).
3. Modificar la escala de la Pregunta y diseño, terminando en un diseño más débil de niveles segregados. Volvamos al paso 6. Por ejemplo, a un guardaparque le interesa una Pregunta de forma genérica “¿Cómo varía la abundancia y diversidad de especies de XXX, entre las épocas lluviosas y las épocas secas?”, con dos niveles del factor de diseño: épocas lluviosas y épocas secas. Sin embargo, reconoce que dispone de sólo 3 años para el estudio y que los n de 3 no alcanzarán. Cambia la Pregunta: “¿Cómo varía la abundancia y diversidad de especies de XXX entre *periodos de tiempo*

(días) de las épocas secas y las lluviosas *de los años 2020, 2021 y 2022?*” Ahora hay seis niveles del factor de diseño, las seis épocas determinadas. Le toca a usted analizar el gran cambio de factores de diseño, niveles y unidades de respuesta entre las dos Preguntas.

¡No se desespere! Además hay un número infinito de Preguntas de trabajo importantes que llevarán a diseños que alcancen fácilmente tamaños de la muestra adecuados.

Desarrollo adicional del paso 15. **Revisar todos los pasos 8 - 14 inclusive, desde el punto de vista de la ética. Precisar cómo se va a minimizar los impactos perjudiciales del estudio sobre lo estudiado y el entorno, sin sacrificar la fuerza del diseño.**

El **texto original** trata sobre este tema en un recuadro (4.3, pp. 60) pero no lo incluyó en el proceso de diseño. Sin embargo está cada vez más evidente que debe considerarse explícitamente en el diseño de todos los estudios de campo y más todavía en los que supuestamente tratan sobre la conservación. Revise el anexo 5.II y esté dispuesto a hacer ajustes menores hasta mayores en su Pregunta, la disposición de las unidades de respuesta, los elementos de lo que medía y, en casos extremos, hasta el tamaño de la muestra para cumplir con esta pauta. Sin embargo, casi siempre le será posible bajar el daño hecho a lo que está indagando y su ambiente sin sacrificar significativamente la fuerza del estudio.

Desarrollo adicional del paso 16. **Revisar los pasos 8 – 14 inclusive y decidir cuánto esfuerzo podrá invertir y cómo repartirlo. Preguntarse: ¿realmente podré realizar debidamente este estudio, o no? Si le surgen dudas, volver al paso 1 o hasta el Concepto de Fondo y la Inquietud Particular y empezar de nuevo.**

Este paso se parece al paso 16 del **texto original** (pp. 58). Si ha seguido cuidadosamente el proceso de diseño desde el primer paso en adelante, en particular el paso 13 (el premuestreo), es poco probable que tenga que botar todo el diseño al

basurero al darse cuenta en este momento tardío, de que se ha comprometido a trabajar 77 días al mes. Ojalá.

Desarrollo adicional del paso 17. **Decidir provisionalmente en la manera de resumir, analizar y presentar los resultados. Si usted ha submuestreado (paso 12), antes de nada precisar y practicar cómo va a resumir los datos de las unidades de evaluación a fin de darle el dato representativo (derivado) para la unidad de respuesta como un todo. Si no ha submuestreado, la unidad de respuesta ya presenta un solo dato ¡obvio! En cualquier de los dos casos, precisar y practicar cómo va a analizar y presentar los resultados a través de las unidades de respuesta (casos) de los diferentes niveles, a fin de contestar la Pregunta. Si usted está empleando la inferencia estadística tradicional o “frecuentista” (es decir, las pruebas de la hipótesis nula), especificar la hipótesis nula estadística y la prueba a utilizar antes de seguir al paso 18, y si está trabajando con el concepto de “la significación estadística” también especificar el nivel de α .**

Este paso se corresponde con el paso 16 del **texto original** (pp. 58). Las primeras cuatro oraciones aplican a todos los lectores y usuarios del **texto original** y este Suplemento, y la primera parte del capítulo 5.5 les podría ser útil. La última oración aplica sólo a aquellos investigadores profesionales y académicos que usan, y confían en, las pruebas de la hipótesis nula (capítulo 5 del **texto original**). Esperamos que el número de creyentes disminuya al revisar la segunda parte del capítulo 5.5.

¡Ya todo el diseño debería estar listo! Para animarle, las figuras 5.4.5 y 5.4.6 muestran Preguntas y diseños completos y verdaderos planteados por los participantes de los cursos recientes en “la indagación guardaparqueña” (capítulo 10).

Reserva Nacional Matsés,
integrantes Pedro, Gladys, Elmer y Henry

Observación: En la Reserva Nacional Matsés y en la zona de amortiguamiento existen grandes extensiones de Irapay donde la población local realiza un aprovechamiento con control (dentro del área) y sin control (fuera del área).

Concepto de Fondo: Por lo general a través del mundo el aprovechamiento de hoja de palmeras sin control puede incidir de manera negativa en la salud de los individuos de la población, lo cual podría afectar en la reproducción de las plántulas por semillas o esquejes.

Inquietud Particular: En cuanto a la propagación de plántulas del Irapay ¿habrá diferencia entre los manchales con control al interior de la Reserva Nacional Matsés y los manchales sin control en las zonas de amortiguamiento?

Pregunta: En el periodo de mayo a julio de 2013 ¿cómo variará el número de plántulas entre 40 cm y 1 m de altura por parcela, entre manchales del Irapay con control al interior de la Reserva Nacional Matsés y manchales sin control en la zona de amortiguamiento?

Figura S.4.5a

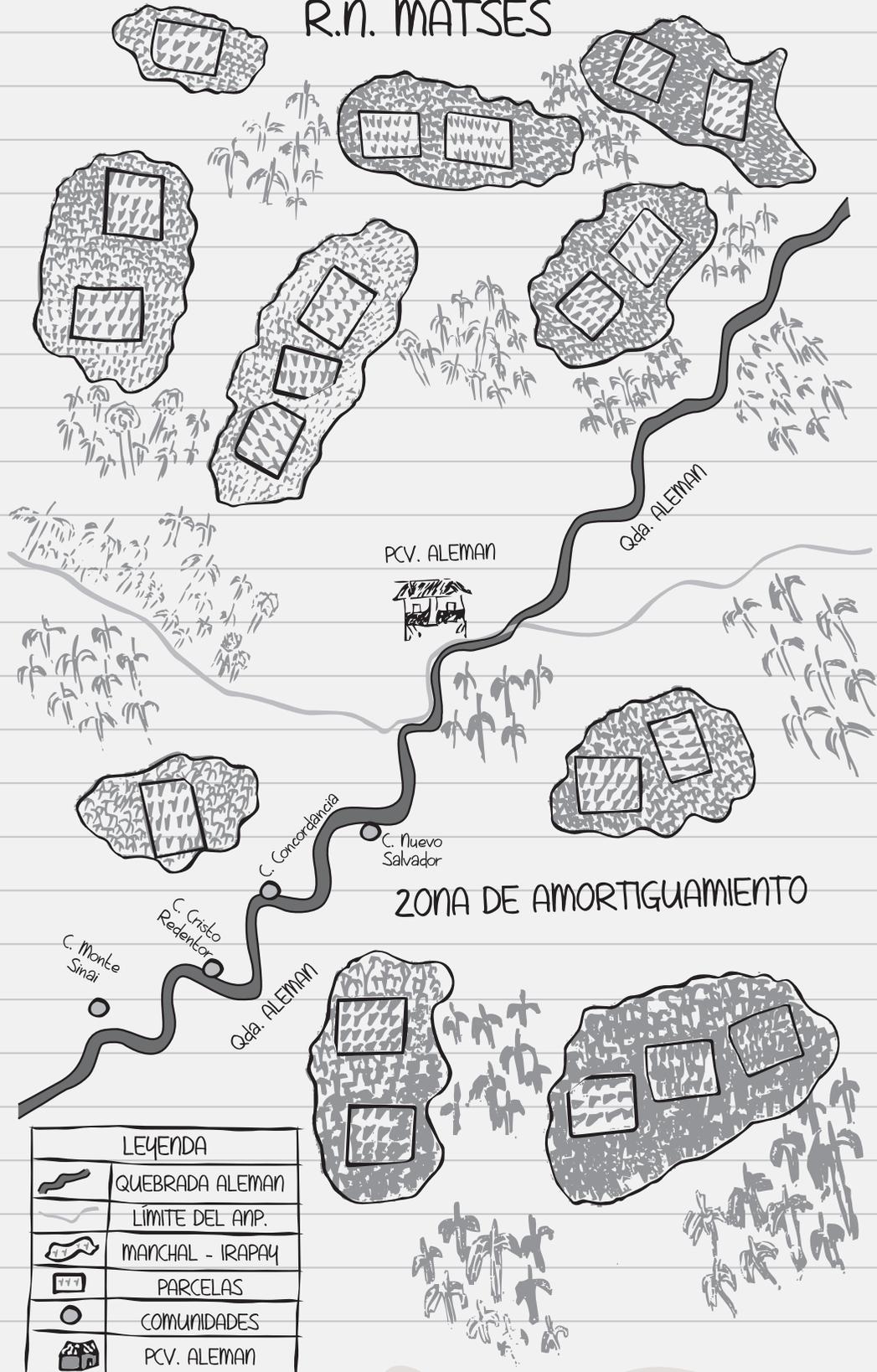
Figura S.4.5 Diseño completo, según un proceso modificado (10 pasos + 1 + 1 en lugar del proceso de 17 + 1 + 1 de este capítulo), de un estudio planteado por guardaparques peruanos en el 2013. (a) La Pregunta.

Paso 01:	
¿Cumple con el tiempo y espacio?	Sí
¿Observación o experimento?	Observación
¿Monitoreo en el futuro?	Sí
Paso 02: Factor de diseño y niveles	Los manchales de Iraray fuera y dentro del ANP. Niveles discretos naturales.
Paso 03: Caso	Un manchal; caso natural
Paso 04: Diseño de casos	Casos segregados
Paso 05: La medida	Plántulas propagadas por semillas o esquejes y de 40 cm a 1 m de altura, en parcelas; datos ordinales.
Paso 06: Materiales y metodología	Recorrido y observación en las parcelas. Wincha de 0,5 m. C. l. (contador de individuos).
Paso 07: Unidad de evaluación	Parcela de 20 x 20 m. Submuestreo: depende del tamaño de los manchales
Paso 08: Premuestreo	Ubicación de los manchales; delimitación (tamaño) de las parcelas
Paso 09: Número de casos	Nivel con control = 6 manchales Nivel sin control = 4 manchales
Paso 10: Cómo se analizarán y presentarán los datos	Ver gráfico

Figura 5.4.5b

Figura 5.4.5b El diseño. Reconocen que el diseño debe ser de niveles segregados, ya que todos los palmares manejados están dentro del área protegida y todos los no manejados están afuera.

CROQUIS DE UBICACIÓN R.N. MATSÉS



LEYENDA	
	QUEBRADA ALEMAN
	LÍMITE DEL AMP.
	MANCHAL - IRAPAY
	PARCELAS
	COMUNIDADES
	PCV. ALEMAN

Figura 5.4.5c

Figura 5.4.5c El croquis. Aquí se nota la distinción clara entre los palmares (unidades de respuesta) y las parcelas (unidades de evaluación), las que son necesarias para cuantificar la densidad de plántulas. El número de parcelas (submuestras) se ajustó según el tamaño del palmar.

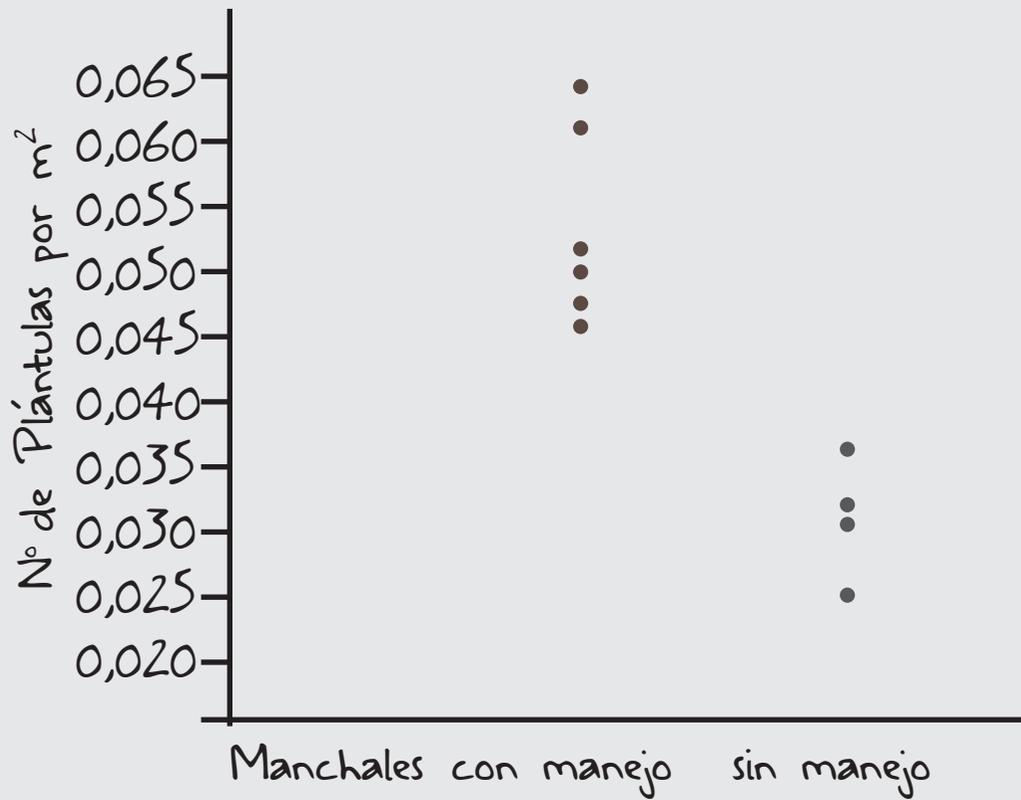


Figura 5.4.5d

Figura 5.4.5d La propuesta de cómo analizar y presentar los datos una vez que se tomen, igual a este paso 17.

Grupo los Boncalios: Ricardo, Milton, Eliecer, Querubín, Danyelis, PNN Las Hermosas

Observación: En los PNN y sus alrededores se encuentran bosques intervenidos y no intervenidos.

Concepto de Fondo: Por lo general los bosques intervenidos tendrán menos cantidad de árboles que los bosques no intervenidos.

Inquietud particular: En los PNN de la Cordillera Central ¿será que hay una diferencia llamativa entre la composición y abundancia de árboles en bosques intervenidos y no intervenidos?

Pregunta: En el año 2012 ¿cómo varía la identidad de árboles de bosques, entre bosques con cuatro niveles de intervención en el PNN Las Hermosas y sus alrededores?

Figura 5.4.6a

Figura 5.4.6 Diseño completo, según el proceso de 17 pasos (este capítulo), de un estudio planteado por guardaparques colombianos en el 2011. (a) La Pregunta.

Receta del diseño

Paso A

- 1.- Pregunta: Cumple con las 4 pautas (contestable, comparativa, sexy y sencilla - directa)
- 2.- Ajustar Pregunta: Tiempo-espacio
- 3.- Tipo de estudio: Observación

Paso B

- 4.- Factor de diseño: Bosques con diferentes grados de intervención
- 5.- Nivel de factor de diseño: Se pueden identificar 4 niveles con diferentes grados de intervención:
 - 1 Nivel nulo (0%)
 - 2 Nivel leve (1-25%)
 - 3 Nivel moderado (26-50%)
 - 4 Nivel alto (> 50%)Niveles discretos y arbitrarios
- 6.- Unidad de respuesta (caso)
Bosque →
 - 1 Bosque sin intervención
 - 2 Bosque con leve intervención
 - 3 Bosque con moderada intervención
 - 4 Bosque con alta intervenciónDelineación → natural
- 7.- Pregunta: ya ajustada.
- 8.- Distribuir las unidades de respuesta: se hace un diseño en bloques con niveles entremezclados. Se sugiere mínimo cuatro casos a implementar en campo.

Figura 5.4.6b

Figura 5.4.6b Los pasos 1 - 8, incluyendo la definición de lo que se comparará.

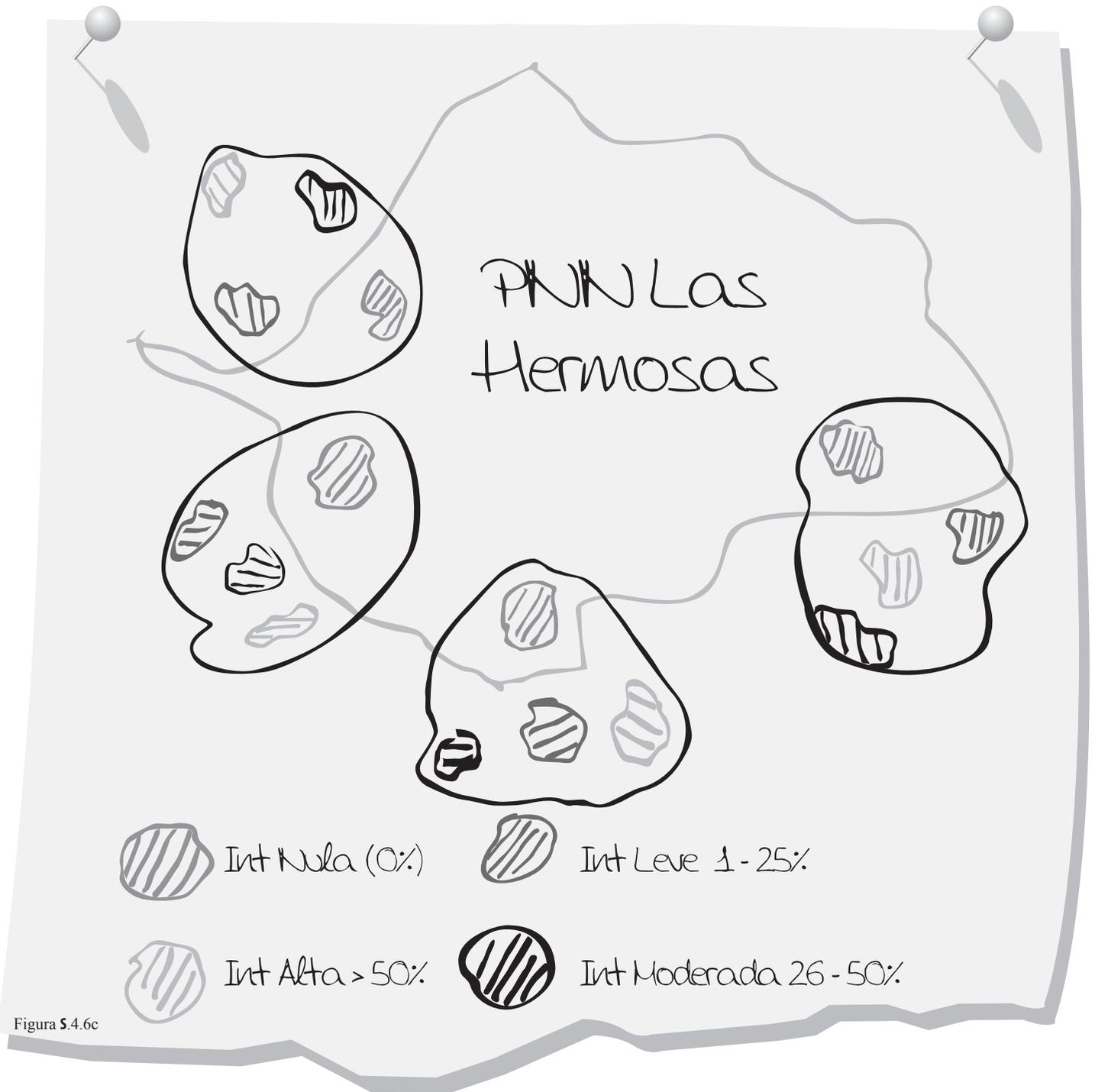


Figura 5.4.6c

Figura 5.4.6c El croquis del paso 8, definiendo la distribución de los casos en el espacio.

9. ¿Qué se mide? Identidad de un árbol con DAP \geq 10 cm.

10. ¿Cómo se va a medir?

- Muestreo en espiral
- Árboles DAP \geq 10 cm
- Registro visual
- Toma muestra botánica si no se conoce la especie

especie

- Lista de Chequeo
- Apoyo botánico

11. Unidad de Evaluación:

El árbol - delineación Natural

12. Submuestras

Varias unidades de evaluación por caso

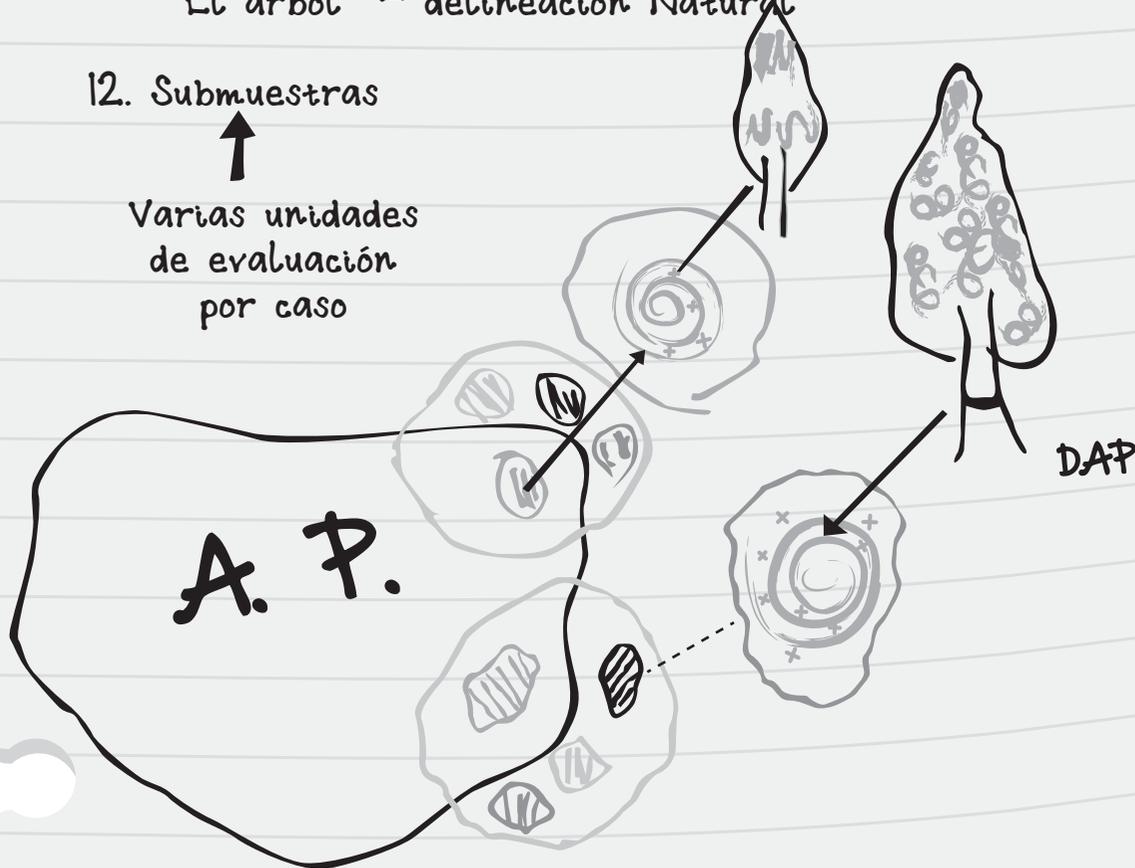


Figura S.4.6d

Figura S.4.6d Los pasos de lo que se medirá, incluyendo el croquis de los pasos 11-12.

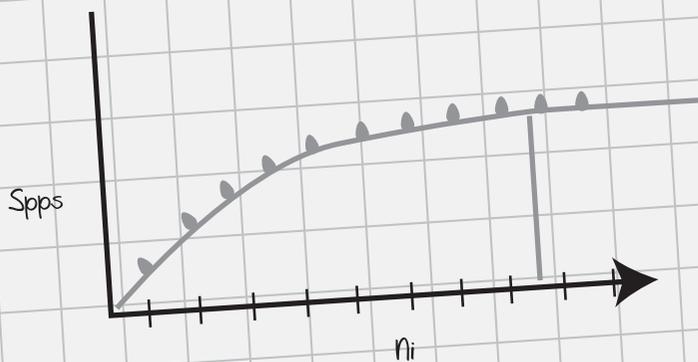
- 13.- Premuestreo:
 - * Identificación de cada caso
 - * Prueba de muestreo en espiral
 - * Identificar el esfuerzo de muestreo
 - * Adiestramiento en el reconocimiento de los árboles de la región
 - 14.- Tamaño de muestra: nos lo indicará el premuestreo
 - 15.- Ética: Revisar protocolos de investigación:
 - * Impacto mínimo
 - * Evitar coleccionar muestras
 - 16.- Esfuerzo: sí, se puede realizar
 - 17.- Analizar, presentar datos
Resumir en tablas / caso
- Análisis y presentación en gráficas de rango
abundancia

Figura 5.4.6e

Finca 1
(Réplica)Finca 2
(Réplica)Finca 3
(Réplica)Finca 4
(Réplica)

Estimar Identidades

Estimar Densidades



PREMUESTREO

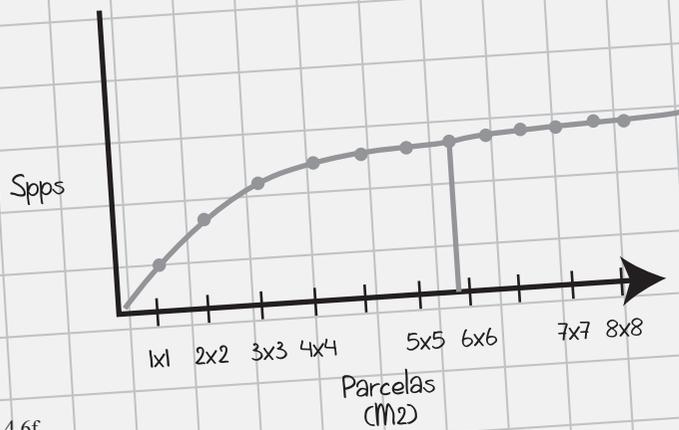


Figura 5.4.6f

Figura 5.4.6f Detalles de la propuesta del muestreo (paso 13), donde se utilizará la curva de acumulación de especies para ajustar el número de submuestras. El capítulo 9 le explicará el papel clave de ese paso y el significado de las “espirales”.

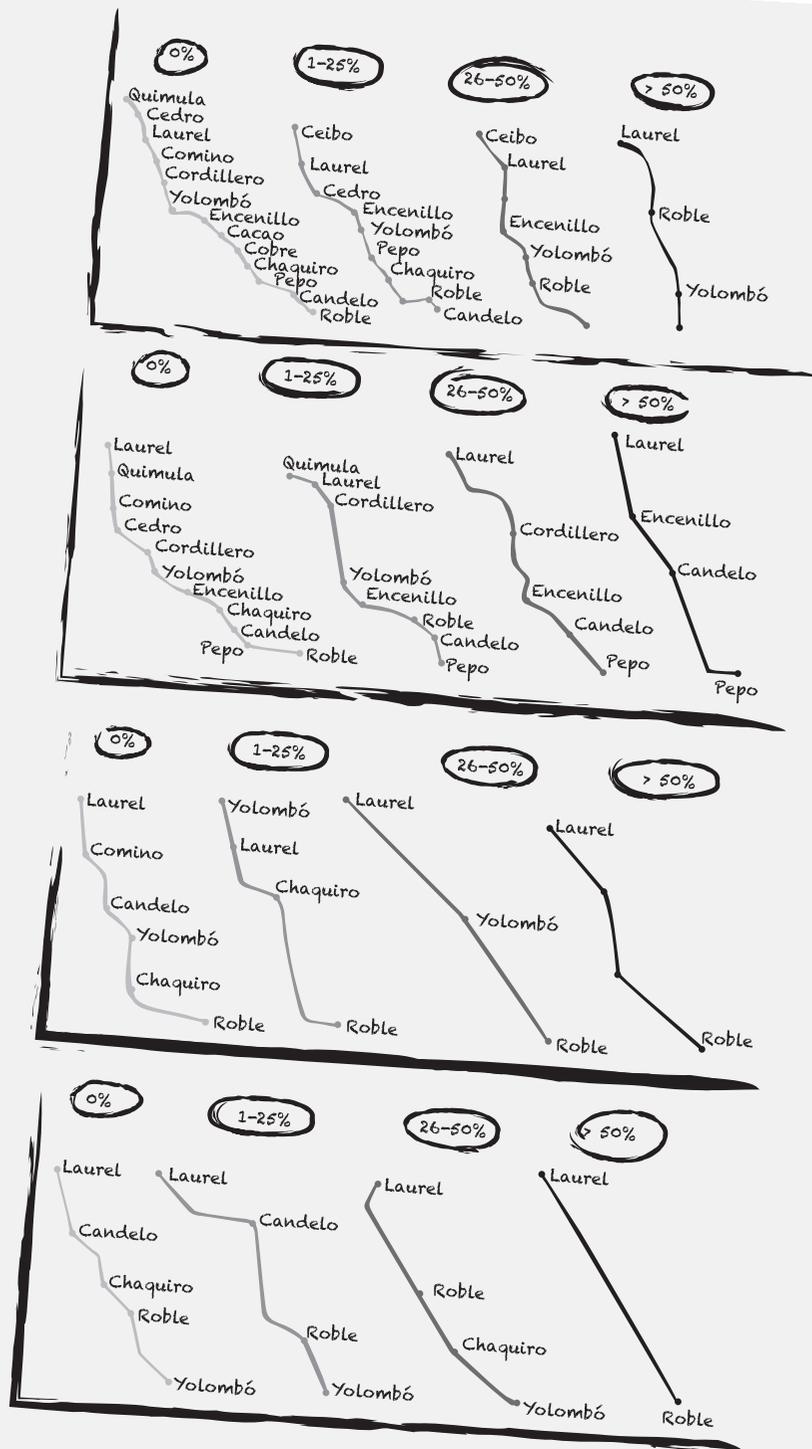


Figura 5.4.6g

Figura 5.4.6g La propuesta de este paso 17, cómo se analizarán y presentarán los datos una vez que se tomen (explicado en el capítulo 9).

El **paso 18** no se ha cambiado desde el 2004. Es: **¡Manos a la obra!** Sin embargo, según las experiencias de muchas ex víctimas de los cursos durante la última década, ahora hay otro paso más:

Desarrollo adicional del paso 19. **Durante el transcurso del estudio en sí y más allá hasta el momento de entregar la tesis, informe o manuscrito, al enfrentar las realidades de la logística y la historia natural y al reconocer las limitaciones inesperadas pero insuperables que ellas imponen sobre los pasos 4 – 16 seguir evaluando y ajustando la Pregunta a fin de seguir cumpliendo con la primera definición de Diseño. Puede resultar que tenga que achicar la Pregunta. ¡Sea honesto, ético, reflexivo y humilde! Por otro lado es posible que pueda agrandar la Pregunta... ¡felicidades!**

Es decir, el diseño más cuidadosamente realizado de todos, incluyendo un muestreo completo y detallado, puede tener que cambiarse una vez que esté en el medio del estudio en sí. Asegurarse de que el diseño verdadero y la Pregunta siguen jugando entre sí.

► **Resumen del proceso de diseño, y vuelta al monitoreo**

Vale revisar lo que hemos hecho. Hicimos una Observación y planteamos explícitamente el Concepto de Fondo, Inquietud Particular y finalmente la Pregunta de trabajo que cumplió con las cinco pautas (capítulo 5.3 y Feinsinger 2014). La Pregunta ya tenía que hablar por sí, al menos en términos generales, de lo que se comparaba y lo que se medía. Pero todavía no corrimos al campo para contestarla. Primero pasamos por un proceso minucioso de diseñar cómo la vamos a contestar (este capítulo). Los elementos fundamentales del proceso fueron el sentido común, el conocimiento y reconocimiento de la historia natural y sus complejidades, la honestidad y la humildad, desde el paso 1 hasta el paso 19. El aviso más importante del proceso fue definir hasta el último detalle lo que comparábamos (pasos 4 – 8) antes de definir lo que medíamos en cada caso de ello (pasos 9 – 12). Pero también había muchos otros avisos. Estos incluyeron el de reflexionar sobre la posible discordancia entre lo indagado y la

capacidad del indagador o la indagación (paso 1), de precisar la escala (paso 2), de decidir entre un estudio de observación y un experimento y a la vez entre un estudio de tiempo fijo y uno de monitoreo (paso 3), de realizar un muestreo exhaustivo (paso 13), de decidir provisionalmente en el tamaño de la muestra (paso 14), de evaluar el diseño entero desde la perspectiva de la ética (paso 15), de asegurarse de que el diseño todavía sea realista (paso 16) y de decidir provisionalmente en qué hacer con los datos una vez tomados (paso 17 y capítulo 5.5).

Las instituciones nacionales que gestionan las áreas protegidas y las ONGs no sólo en América Latina sino también en el resto del mundo dedican muchos recursos, tanto recursos humanos como recursos de gestión, al monitoreo. ¿Es posible que un estudio de monitoreo cumpla con todos los criterios de una Pregunta de trabajo comparativa y toda la rigurosidad del diseño? Sí. Es más, las indagaciones que cumplen con todas las pautas de los capítulos 5.3 y 5.4 suelen volverse aún más fuertes, interesantes, y útiles al manejo si se continúan año tras año. ¿Los proyectos de monitoreo ya en marcha suelen cumplir con los criterios de una Pregunta comparativa y los pasos de diseño? Lamentablemente no. Muchos consisten en la toma de datos sueltos sin ninguna Pregunta de trabajo según los criterios del capítulo 5.3 y sin cumplir con ninguno de los pasos 1 – 19. Como mucho toman en cuenta los pasos 9 y 10 de lo que se está midiendo pero casi nunca consideran los pasos 11 y 12.

Todavía pocos de los que planifican o realizan el monitoreo se plantean la pregunta reflexiva de Noss (1990), “¿Qué estamos monitoreando, y por qué?” (y ver los capítulos 8 y 5.8). Once años después Sheil (2001) cuestionó el desgaste de escasos recursos en programas de monitoreo cuyo propósito tácito es satisfacer a los donantes en lugar de contribuir directamente a la selección de pautas de manejo. Si vamos a seguir monitoreando, lo debemos hacer mejor. Y lo podemos hacer mejor. Las figuras 5.3.1, 5.4.5 y 5.4.6 demuestran que los guardaparques mismos, sin ninguna interferencia de un “consultor” o “experto” de otro país o de la ciudad capital, pueden plantear estudios de monitoreo sumamente fuertes y útiles al manejo, casi sin costo adicional. ¡Háganlo! ¡Manos a la obra!

CAPÍTULO 5.5. MUESTRAS PEQUEÑAS Y GRANDES PREGUNTAS: EL PAPEL DE LA INFERENCIA ESTADÍSTICA

RESUMEN

A pesar de su título, el capítulo 5 del **texto original** comienza no por hablar de la *inferencia estadística* sino por presentar el concepto y unos ejemplos del *análisis estadístico*, el que se etiqueta “la estadística descriptiva” en el **texto original**. El análisis estadístico consiste en las numerosas maneras alternativas de resumir los datos tomados durante el paso 18 (capítulos 4 y 5.4) a fin de aclarar las tendencias, o falta de tendencias, entre ellas. Estos resúmenes se llaman *estadísticos de la muestra*. Entre ellos se incluyen el promedio o media aritmética \bar{x} para resumir la tendencia central entre los datos, y la varianza s^2 o la desviación estándar s para resumir el grado de variabilidad (grado de dispersión) entre ellos. Medidas alternativas existen, por ejemplo, la mediana para indicar la tendencia central y los cuartiles para indicar el grado de dispersión.

Los estadísticos de la muestra nos sirven no sólo para resumir los datos tomados sino también para *inferir* acerca de los valores de los estadísticos de la *población estadística*, que consiste en el conjunto de los datos tomados más el número grande hasta infinito de los datos no tomados. Por ejemplo, el valor de \bar{x} no sólo precisa la tendencia central de la muestra de n datos que usted tomó sino también le provee de una estimación del valor de μ , el promedio de la población estadística a que se refiere aquella muestra. Los valores de s^2 y s no sólo precisan el grado de dispersión entre sus datos tomados sino también estiman los valores de la varianza σ^2 y la desviación estándar σ de la población estadística. Los valores de μ , σ^2 y σ son desconocidos e incognoscibles pero realmente existen. Podemos inferir sobre el probable valor de μ , por ejemplo, mediante el cálculo de un *intervalo de confianza*. Al calcular el intervalo de confianza sobre μ (pp. 74 – 78 y el apéndice A) usted debe reconocer que siempre se corre el riesgo

de que el valor verdadero pero incognoscible de μ caiga fuera del intervalo.

La inferencia estadística va mucho, mucho más allá de los “simples” intervalos de confianza. Es un campo complicadísimo, con un sinnúmero de desacuerdos fundamentales entre los expertos acerca de la validez y los detalles de los diferentes acercamientos. Entonces ¿por qué usted tiene que conocer y entenderla? En primer lugar, porque la filosofía fundamental de la inferencia estadística es imprescindible: *los datos tomados podrían ser representativos o no representativos de los que usted podría tomar si pudiera alcanzar un censo completo* (ver el acto II del apéndice D, pp. 202-206). En segundo lugar, porque teóricamente la práctica de la inferencia estadística le brinda una herramienta de tremendo poder para analizar e interpretar los resultados de cualquier estudio que no alcance un censo (es decir, cualquier muestreo) y para tener mucha cautela en la selección e implementación de aplicaciones. En tercer lugar, porque durante el último medio siglo el uso de la inferencia estadística se ha vuelto el “indicador de calidad” de un trabajo científico en nuestros campos y por ende es casi siempre una exigencia de una tesis, un trabajo publicado o un informe.

De hecho la clase más común de la inferencia estadística (pp. 78 – 79) no trata sobre una sola muestra de n datos sino sobre Preguntas de trabajo comparativas y el efecto mensurable del factor de diseño (ahora etiquetado la *variable independiente*), sea de niveles discretos o continuos, sobre los datos de la variable de respuesta (ahora la *variable dependiente*). Tradicionalmente la preocupación estadística ha sido: la tendencia o falta de tendencia entre los datos tomados ¿podría reflejar una tendencia o falta de tendencia verdadera, respectivamente, entre los datos de la(s) población(es) estadística(s) o es un producto del simple azar de muestrear unos

datos del número grande o infinito de ellos? La vasta mayoría de la inferencia estadística tradicional (que es la vasta mayoría de la inferencia estadística todavía practicada) trata sobre la mitad de aquella inquietud: que sea sólo un producto del azar de muestrear unos pocos datos no representativos de una población estadística de datos que no presenten ninguna tendencia.

Según la última inquietud, antes de la toma de datos (ver el paso 17 de los capítulos 4 y 5.4) el investigador arma una *hipótesis nula* (H_0) que dice que en la población estadística realmente no hay ninguna relación entre la variable independiente y la dependiente. Se evalúa la H_0 por medio de una *prueba estadística*. Si el resultado de la prueba estadística indica que hay poca probabilidad de que la tendencia entre los datos o una más fuerte aún podría haber resultado del simple azar, se dice que los resultados son “significativos” o presentan “significación estadística”. Según una decisión previa (ver el paso 17, capítulos 4 y 5.4) *se rechaza* la H_0 si esa probabilidad P o “ α_{tabulado} ” es bajísima (por ejemplo, $\leq 5\%$ si 5% era el “nivel de rechazo” o “ α_{rechazo} ” elegido con antelación), pero *no se rechaza* la H_0 si P (“ α_{tabulado} ”) es mayor (por ejemplo, $> 5\%$). También a menudo se arma la *hipótesis alterna* o H_A . Es simplemente la hipótesis complementaria a la H_0 , proponiendo que realmente *sí, hay* un efecto de lo que usted comparó sobre lo que midió, sea el efecto en una dirección o en la otra. Sin embargo, nunca se “rechaza” la H_A y nunca se “acepta” ni la H_A ni la H_0 . Según la inferencia estadística tradicional, la única decisión es de rechazar la H_0 o no rechazarla.

La decisión de rechazar o no rechazar la H_0 podría ser equivocada, por supuesto, pero no hay manera de saberlo. Por un lado, al rechazar la H_0 usted siempre corre el riesgo de que sea verdadera. Esta equivocación incognoscible se llama “un error estadístico de tipo I”. Por otro lado, al no rechazar la H_0 usted siempre corre el riesgo de que *no* sea verdadera, es decir que sí exista una tendencia real en la población estadística de datos y en ese caso ha cometido “un error estadístico de tipo II”. Aunque casi toda la inferencia estadística tradicional se enfoca en el riesgo de cometer un error de Tipo I, el

cometer un error de Tipo II podría ser más grave aún, por ejemplo a la conservación y el manejo (ver la figura 5.4). El capítulo 5 (pp. 86-88) y el apéndice B tratan sobre la manera de incorporar explícitamente ambos riesgos, el de cometer un error de Tipo I y el de cometer un error de Tipo II, en su pensamiento y su práctica estadística. En términos prácticos esas secciones tratan de “la potencia de la prueba estadística” de poder detectar el efecto del factor de diseño si es que tiene *significado biológico*. El apéndice B en particular recalca que aunque es muy tentador aplicar el análisis de la potencia de la prueba estadística *a posteriori*, es decir una vez tomados los datos, esto es incorrecto puesto que las probabilidades matemáticas han cambiado si ya ha visto los hallazgos (pp. 186 – 187).

En las páginas 83 – 84 el **texto original** presenta ocho pasos del procedimiento de aplicar una prueba estadística a los datos. El séptimo paso, recalcado al final, sigue lo encontrado en muchas materias y textos de la inferencia estadística: afirma que el valor de P que sale de la prueba -la que se etiqueta “ $\alpha_{\text{observado}}$ ” en el **texto original**- es también la probabilidad de que usted justo cometió un error de Tipo I al haber decidido rechazar la H_0 . [Abajo usted verá que Feinsinger (2004) se equivocó en ese momento.]

La gran mayoría de la inferencia estadística tradicional emplea *pruebas paramétricas*, por ejemplo la muy común “prueba de t ”. Pero éstas llevan consigo unos o muchos supuestos acerca de la naturaleza de los datos, supuestos raramente reconocidos, comprobados o cumplidos. Y si los datos no cumplen con aquellos supuestos, los valores de P son falsos. Para los datos de muchas (no todas) las Preguntas de trabajo, las *pruebas no paramétricas*, implementadas debidamente, son más robustas que las paramétricas.

Sea lo que sea la prueba estadística hay una relación estrecha, frecuentemente ignorada, entre el tamaño de la muestra n (o, los tamaños de las muestras si el diseño es de niveles discretos) y la “facilidad” con que se rechaza la H_0 . Aunque la tendencia entre los datos tomados sea llamativa y de significado biológico

altísimo, si n es chico será improbable o imposible rechazar la H_0 ; es decir, la *potencia de la prueba* para detectar tendencias de significado biológico es baja o de cero. Muchos investigadores concluirían que “los resultados no son significativos”. Por otro lado, si n es muy grande siempre se rechazará la H_0 aunque la tendencia entre los datos tomados sea trivial: la potencia de la prueba es tan alta que se vuelve demasiado sensible y detecta tendencias sin ningún significado biológico. Sin embargo, muchos investigadores concluirían que “los resultados son altamente significativos”. Aquellas conclusiones comunes demuestran una confusión grave entre dos conceptos netamente diferentes: el significado (la significación) estadístico, y el significado biológico.

El invento de la computadora condujo al desarrollo de variantes de la inferencia estadística tradicional que dependen de cálculos muy complejos. Las variantes incluyen al *meta análisis*, donde se analizan en conjunto los resultados de numerosos estudios que tratan sobre un mismo tema (por ejemplo, todos los estudios publicados que han tratado de los vertebrados en bosques talados y sin tala), y la *estadística de remuestreo*, donde los datos mismos, no una prueba estadística, generan la probabilidad de que la tendencia que muestran o una más fuerte podría haber resultado del azar. La *estadística multivariable* consiste en un número creciente de acercamientos sofisticados que tratan sobre Preguntas de trabajo que no cumplen con la cuarta pauta para ellas, de ser sencillas y directas. La mayoría de sus técnicas son realmente análisis estadísticos, útiles en estudios pilotos para identificar las variables prometedoras que luego se examinarán por Preguntas de trabajo más precisas y cumpliendo con todas las pautas. También hay otras técnicas que llevan a la inferencia estadística tradicional. Las aplicaciones de la inferencia estadística multivariable –y del meta análisis- a nuestros campos, tienden a ser muy poco confiables.

Existen alternativas claras a la inferencia estadística tradicional: la “estadística Bayesiana” y otras. Sus proponentes afirman que son más robustas, realistas y confiables que la inferencia estadística tradicional pero quedan unas dudas. De todas maneras las alternativas no han logrado

desplazar la práctica del acercamiento tradicional de la hipótesis nula y las pruebas... o la tendencia marcada a confundir la significación estadística con el significado biológico. El capítulo 5 termina con ocho consejos para aquellos lectores que quieren o deben aplicar la inferencia estadística en sus estudios.

CAMBIA, TODO CAMBIA

► Introducción

Desde 2004 nuestra preocupación sobre el *análisis* estadístico seleccionado y realizado debidamente ha crecido exponencialmente, tanto como nuestro desencanto con la adoración ciega de la *inferencia* estadística y la creciente falta de sentido común y de atención al diseño. El anexo 5.I resume el tema. En este capítulo 5.5 desarrollamos el esquema del análisis estadístico mucho más allá que su breve tratamiento en el **texto original** y en el anexo 5.I. Además presentamos de otra manera la lógica de la inferencia estadística “frecuentista” o tradicional (cuya filosofía sí es fundamental) y ordenamos mejor nuestras inquietudes acerca de la adoración ciega no sólo de ella sino también de las alternativas a ella.

Antes de empezar, cabe destacar que al menos el primer autor (Feinsinger) también pasó muchos años como creyente fervoroso en la “iglesia de la inferencia estadística frecuentista” (o, la tradicional), hasta hacerse practicante incansable y pastor evangélico de la misma (si usted no tiene nada mejor para hacer, revise los estudios que aquel fulano publicó entre 1974 y 2002). Nuestro escepticismo actual resulta del reconocimiento algo tardío del papel mucho más imprescindible de los principios y detalles del diseño (capítulo 5.4), principios a menudo saltados o ignorados en el apuro de llegar a un valor de P o “ α_{tabulado} ” $\leq 0,05$ o de aplicar otra técnica que esté mucho más de moda y tenga un nombre impresionante. Además se nutre del sinnúmero de experiencias directas (con las víctimas y ex víctimas de los cursos) e indirectas (revisión, con ojo crítico, de trabajos publicados) del malentendido, abuso, mal uso e interpretación incorrecta de la inferencia estadística de toda clase.

► El análisis estadístico

Usted comenzó su indagación planteando una Observación, el Concepto de Fondo que evocó, su Inquietud Particular y finalmente la Pregunta de trabajo según las cinco pautas (capítulo 5.3). Diseñó el estudio (capítulo 5.4) **comparando** casos (unidades de respuesta) de los diferentes niveles, sean los últimos *continuos* (un caso por nivel) o *discretos* (varios casos o réplicas por nivel), y **midiendo** la variable de respuesta para cada caso, registrando datos básicos en *una sola* unidad de evaluación por caso o en *varias* unidades de evaluación (*submuestras*) por caso. Finalmente llegó al paso 18 y ¡lo hizo! Ya terminó y regresó al escritorio, la mesa o la pizarra con un montón de observaciones (registros, datos). Y ¿ahora qué? Es

el momento de emprender el *análisis estadístico* que ya planteaste en el paso 17 del diseño, es decir emprender el proceso de sacar los estadísticos descriptivos de los datos (figura 5.5.1). *Si usted no ha submuestreado, cada caso (unidad de respuesta) ya está caracterizado por un solo dato* de lo que midió, el dato básico. *Si usted ha submuestreado todavía hay varias observaciones (datos básicos) para un mismo caso (unidad de respuesta) y falta caracterizarlo por un solo dato derivado* de lo que midió. El **texto original** no separó explícitamente el análisis estadístico de los datos básicos de las submuestras con fines de sacar los datos derivados, del análisis estadístico de muestras. Como verá, esa separación es fundamental e imprescindible.

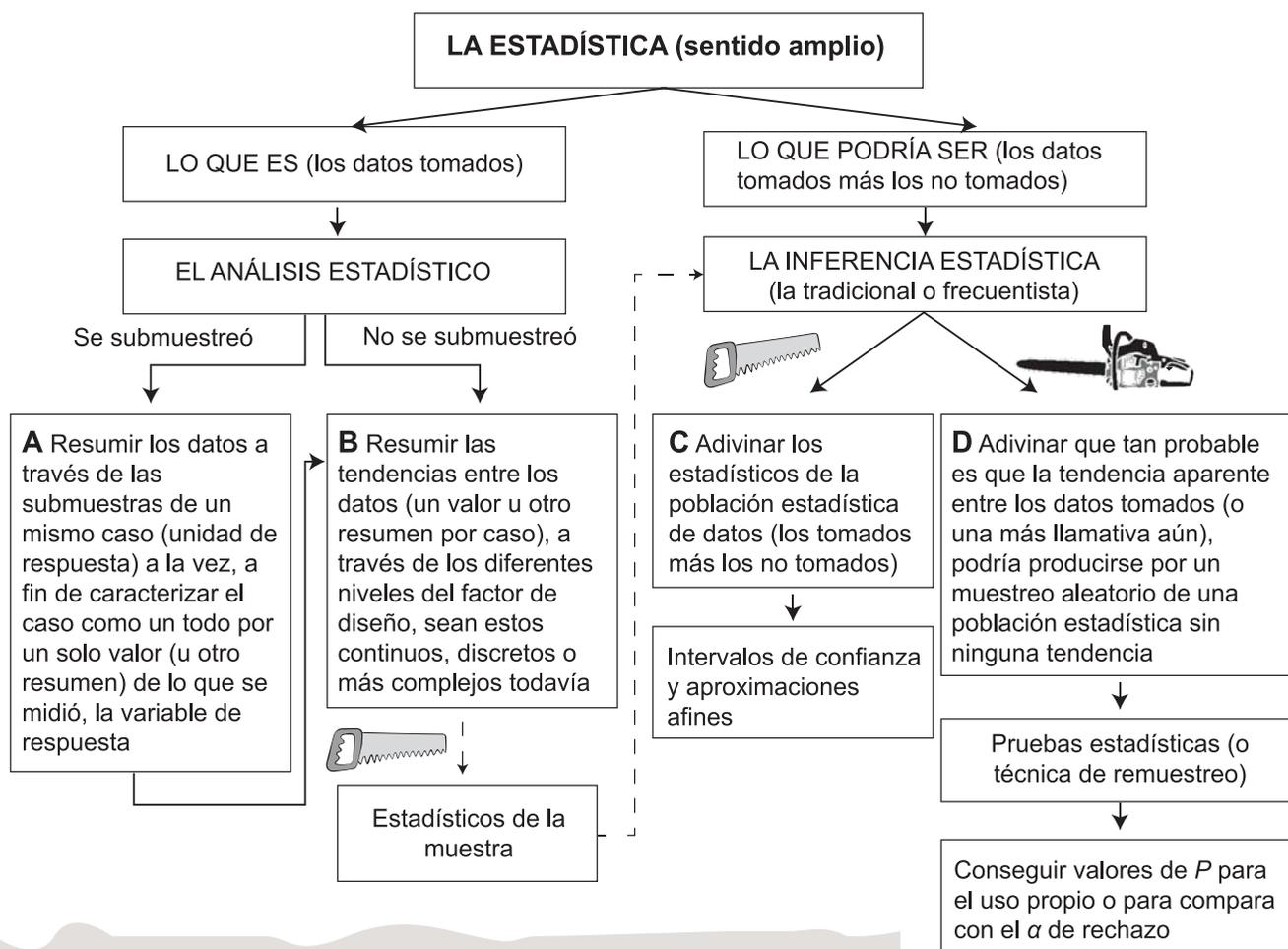


Figura 5.5.1 La estadística en el sentido amplio. Se muestra la diferencia fundamental entre las dos escalas del *análisis estadístico*. Los estadísticos de la muestra (B) pueden conducir a la *inferencia estadística*. Los serruchos indican los riesgos del resumen excesivo de los datos y del cálculo de intervalos de confianza sin cumplir con los supuestos. La motosierra indica el peligro de usar ciegamente o abusar las “pruebas estadísticas” y otros acercamientos no mostrados en la figura.

El análisis estadístico de *submuestras*

Digamos que usted ha submuestreado. El dato básico de cada submuestra es una estimación de lo que está pasando a través del caso (unidad de respuesta) como un todo. Su meta ahora es seguir el proceso A, a la izquierda de la figura 5.5.1. Debe calcular, o armar de otra manera, *el* estadístico descriptivo (dato derivado) que mejor resuma la información contenida en las submuestras de un mismo caso, a fin de caracterizar éste como un todo por un solo valor u otra representación de la variable de respuesta. Alternativamente, como verá se pueden calcular varios datos derivados de un mismo conjunto de datos básicos. Las elecciones incluyen:

- ▶ La *frecuencia* de un evento u otra característica, a través de las unidades de evaluación (ejemplo: proporción de hojas que muestran herbivoría)
- ▶ La *sumatoria* a través de las unidades de evaluación (ejemplo: biomasa por 10 m² basado en 10 parcelas de 1 m² cada una)
- ▶ El *dato acumulativo* a través de las unidades de evaluación (ejemplo: número acumulativo de especies, o de formas de vida vegetal, en el caso como un todo)
- ▶ El *dato ponderado* (ejemplos: número de visitas de abejas por flor, donde usted está vigilando 17 flores en una unidad de respuesta [planta] y 13 flores en otra; o, densidad [número de ejemplares por unidad de espacio o volumen] tal como las densidades de plántulas mostradas en la figura 5.4.4d).
- ▶ El valor representativo o *tendencia central* de lo que midió, a través de las unidades de evaluación
- ▶ El *grado de variabilidad (dispersión)* de lo que midió, a través de las unidades de evaluación
- ▶ Un *índice particular* a la Pregunta (ejemplos: un índice de la diversidad de especies –pero ver los capítulos 9 y 5.9- o un Índice de la Integridad Biológica, ver pp. 138-139 del **texto original** y el capítulo 5.8)

▶ *Otro cálculo particular* a la Pregunta (ejemplo: los componentes intra e inter individuo de la “amplitud del nicho” o amplitud de la dieta, ver Ebenman & Nilsson 1982 o Redford & Feinsinger 2001)

▶ En casos especiales, un *gráfico particular* a la Pregunta en lugar de un cálculo (ejemplos: un gráfico de la estructura de población de una especie dentro de una unidad de respuesta para resumir la frecuencia de ejemplares de diferentes edades, o uno de rango abundancia para resumir la diversidad, abundancia y composición de especies dentro de la unidad de respuesta, ver la figura 5.4.5g y el capítulo 5.9).

Generalmente los biólogos de campo seleccionan medidas de la *tendencia central* para resumir sus submuestras. Si es su selección, ahora le toca seleccionar entre las alternativas de representarla. Aquí van tres:

- ▶ La *media aritmética*, el promedio de todos los valores a través de las submuestras (ecuación 5.1 del **texto original**, pp. 69)
- ▶ La *mediana*, el valor en el medio de todos los valores ordenados desde menor hasta mayor
- ▶ La *moda*, el valor encontrado con mayor frecuencia (es de poca utilidad en nuestros campos pero de alta utilidad en, por ejemplo, el “marketing”).

¿Cuál elegirá? Depende de la Inquietud Particular, la Pregunta, la historia natural, el sentido común y la naturaleza de los datos. Para datos ordinales, a menudo tiene más sentido sacar la mediana que la media aritmética (¿usted ha encontrado un nido con 2,3 pichones?), pero a veces la media aritmética sí será la elección mejor aunque esto no parezca intuitivo. Para datos de intervalo la elección mejor podría ser o la media aritmética o la mediana en dependencia de los demás criterios. El **texto original** habla de la elección entre estas dos (pp. 70-71).

Si ha escogido el grado de variabilidad (dispersión) de datos entre las submuestras para caracterizar el caso (unidad de respuesta) como un todo (pp. 72 – 73 del **texto original**), le toca seleccionar entre más alternativas todavía:

► Un cálculo del grado de variabilidad (dispersión) absoluto

- La *varianza* (ecuación 5.2 del **texto original**, pp. 69)
- La *desviación estándar* (ecuación 5.3 del **texto original**, pp. 69)
- El *rango intercuartil* $C_3 - C_1$ (la diferencia entre el tercer cuartil y el primero de datos ordinales o de intervalo, ordenados desde menor hasta mayor¹)

► Un cálculo del grado de variabilidad (dispersión) relativo, es decir ponderado por la magnitud de la tendencia central (ver las pp. 71 – 72 del **texto original**)

- El *coeficiente de variación*, CV (ecuación 5.4 del **texto original**, pp. 71)
- El *rango intercuartil ponderado*, $[(C_3 - C_1) / C_2]$ donde C_2 es la mediana.

¿Cuál elegirá? La elección entre un cálculo absoluto y uno relativo depende netamente de la historia natural (ver la discusión en el **texto original**, pp. 70 – 73). La elección entre un cálculo basado en la varianza y uno basado en los cuartiles depende en primer lugar de la naturaleza de los datos (ordinales o de intervalo, simetría relativa alrededor de la tendencia central) y en segundo lugar de los otros criterios: la Inquietud Particular, la Pregunta, la historia natural y el sentido común.

Regresemos a los ejemplos sencillos de diseños con submuestreo que presentamos en los pasos 9 – 12 del capítulo 5.4. Para medir la compactación dentro de una misma zona de suelo (la unidad de respuesta o caso) submuestreamos tres veces, obteniendo tres datos básicos. Según el Concepto de Fondo, la

Inquietud Particular, la Pregunta, la historia natural y el sentido común el dato derivado debería ser un cálculo de la tendencia central, o la media aritmética o la mediana. ¿Cuál tendría más sentido según la naturaleza de los datos básicos (ordinales)? ¿Cuál tendría más significado biológico?

La segunda Pregunta sobre la herbivoría de las hojas de pomelos (capítulo 5.4, paso 12) también llevó a submuestras:

A la tarde del (fecha) ¿cómo varía el porcentaje de tejidos de hojas removido por animales herbívoros, entre las capas exteriores y las zonas interiores de los árboles de pomelo (= toronjas) en el pueblo de Colonia Primavera?

Como se discutió en el paso 9 (capítulo 5.4), el dato básico medido en cada unidad de evaluación natural (una hoja en ese momento) de una capa determinada podría haber sido el rango (dato ordinal) o el porcentaje (dato de intervalo) de tejidos removido por herbívoros. Según la redacción actual de la Pregunta el dato derivado que la contesta mejor será otra vez un cálculo de la tendencia central, o la mediana o la media aritmética. ¿Cuál será? Si las capas tienden a mostrar muchas hojas con poco o ningún daño y unas pocas hojas con daño llamativo ¿quiere que su dato derivado, caracterizando la capa como un todo, se influya notoriamente por aquellos valores extremos o quiere que refleje lo que sucede en “la hoja típica” de la capa? Si usted desea lo primero, seleccione la media aritmética. Si desea lo segundo, seleccione la mediana (ver el capítulo 5 del **texto original**). Usted debería poder justificar su elección según la historia natural y la meta de la indagación.

Recalamos que una misma elección del dato básico, medido en la submuestra, puede llevar a una variedad de datos derivados. La elección de ellos y su papel en la Pregunta de trabajo dependerá en parte del Concepto de Fondo y la Inquietud Particular. Como ejemplo, cambiemos el pensamiento sobre los pomelos de la Colonia Primavera. Desde el punto de

¹ Ejemplo de una muestra de 13 valores de datos de intervalo: 0,36; 1,27; 1,28; 2,20; 2,43; 7,96; 8,03; 8,33; 11,46; 14,72; 16,17; 21,31; 47,60. Entonces $C_1 = 2,20$. C_2 (la mediana) = 8,03. $C_3 = 14,72$. $(C_3 - C_1) = 12,52$. $[(C_3 - C_1) / C_2] = 1,56$.
OJO: El cálculo de los cuartiles se facilita mucho si n es de $(1 + 4x)$ donde $x = 3, 4, 5...$

vista del pomelo u otra planta y la selección de sus hojas por herbívoros la *frecuencia*, la *intensidad* y el *grado de variabilidad* (dispersión) de herbivoría a través de las hojas (submuestras) de una misma capa miden diferentes aspectos de este fenómeno y tendrán implicaciones biológicas diferentes. Sin detallar aquí las modificaciones que se harían del Concepto de Fondo y la Inquietud Particular (ver el paso 12 del capítulo 5.4), podríamos redactar la siguiente Pregunta donde el rango del daño hecho a una hoja particular (el dato básico, uno ordinal) lleva a tres datos derivados:

A la tarde del (fecha) ¿cómo varía (a) la *frecuencia* de hojas con herbivoría, (b) la *intensidad* de herbivoría por hoja (mediana) y (c) el *grado de variabilidad relativa* de herbivoría de las hojas (rango intercuartil ponderado), entre las capas exteriores y las zonas interiores de los árboles de pomelo (= toronjas) en el pueblo de Colonia Primavera?

Asimismo, el dato básico del porcentaje exacto de daño hecho a la hoja (dato de intervalo) puede llevar a:

A la tarde del (fecha) ¿cómo varía (a) la *frecuencia* de hojas con herbivoría, (b) la *intensidad* de herbivoría por hoja (promedio) y (c) el *grado de variabilidad relativa* de herbivoría de las hojas (coeficiente de variación), entre las capas exteriores y las zonas interiores de los árboles de pomelo (= toronjas) en el pueblo de Colonia Primavera?

Este concepto, de que en un diseño con submuestreo un mismo dato básico puede llevar a varios datos derivados con diferentes significados biológicos, es fundamental no sólo a la indagación de los pomelos de la Colonia Primavera u otras de la herbivoría sino también al sinnúmero de estudios sobre la biodiversidad (capítulo 5.9).

El análisis estadístico de muestras

El análisis estadístico de muestras es un concepto completamente diferente al análisis estadístico de

submuestras aunque muchas de las técnicas son las mismas. Ya sea que (a) usted no ha submuestreado o (b) sí lo hizo y ya ha cumplido con la sección anterior, ahora *cada caso (unidad de respuesta) estará caracterizado por un solo valor u otra representación de lo que midió* por variable de respuesta, sea ello un dato básico (a) o uno derivado (b). Si el estudio tuvo un diseño de niveles discretos, cada nivel del factor de diseño presenta una *muestra* de datos, un dato por variable de respuesta por cada réplica. Si fue de niveles continuos, el conjunto entero de datos es una sola muestra. Usted tabula o (mejor) grafica la(s) muestra(s), hasta la última unidad de respuesta. Eso es todo. Ya se ha contestado su Pregunta de trabajo. Para cada variable de respuesta usted sabe cómo varía *Y* (ahora la *variable dependiente*) entre los ejemplares *i* (las unidades de respuesta o casos muestreados) de las diferentes condiciones de *X* (los niveles del factor de diseño, ahora la *variable independiente*).

Sin embargo, a menudo es difícil evaluar las tablas o gráficos de todos los datos sueltos. Te podría convenir seguir la secuencia B de la figura 5.5.1, y calcular o de otra manera armar los *estadísticos de la(s) muestra(s)*. [Al fin del capítulo le explicaremos el significado de los serruchos y la motosierra en la figura.] Los *estadísticos de la muestra* son los estadísticos descriptivos que mejor aclaren, describan y resuman las tendencias en la variable dependiente a través de todas las unidades de respuesta (casos) de una muestra, sea ella de tamaño *n* (niveles continuos) o de tamaño *n_j* (niveles discretos, el nivel particular *j* de *k* niveles en total). Este proceso te ayudará a ver las tendencias sobresalientes, o falta de ellas, que caracterizan cada nivel del factor de diseño y te ayudan con la Reflexión (capítulo 5.5A) si hay muchos datos y bastante variación entre ellos —a condición de que no se olvide que la respuesta verdadera a la Pregunta consiste en los datos de todos los casos, no sólo las tendencias sobresalientes entre ellos.

En diseños con niveles discretos, se suele resumir los datos de una muestra por calcular *un par* de estadísticos de la muestra por ese nivel: *la tendencia central más el grado de dispersión* (variabilidad)

entre los datos. Las alternativas más frecuentes son:

- ▶ La media aritmética + la varianza
- ▶ La media aritmética + la desviación estándar
- ▶ La media aritmética + el coeficiente de variación
- ▶ La mediana + el rango intercuartil
- ▶ La mediana + el rango intercuartil ponderado

La manera de calcular estos estadísticos de la(s) *muestra(s)* es idéntica al cálculo de los resúmenes de las *submuestras* de una misma unidad de respuesta o caso, de la sección anterior. Y otra vez la selección de la alternativa depende de la Inquietud Particular, la Pregunta, la historia natural, el sentido común y la naturaleza de los datos. Pero ¡no se olvide de que *el significado de resumir los datos de submuestras a fin de darle a la unidad de respuesta un valor representativo* (sin tratar más con los datos básicos al resumirlos), *es completamente diferente al significado de resumir los datos de las muestras, un dato por unidad de respuesta, a fin de entender mejor las tendencias entre ellos* (siempre guardando, cuidando y mostrando los datos al fondo de estos resúmenes)! **No debe perder de vista que lo imprescindible es la muestra entera de todas las unidades de respuesta (casos).** Son ellas las que realmente contestaron la Pregunta y acondicionarán la Reflexión (ver el capítulo 5.5A), la que trata no sólo sobre los datos cerca de la tendencia central sino también sobre los datos excepcionales. ¡No los borre!

El aviso del último párrafo es más importante todavía si el estudio presenta un factor de diseño con ≥ 3 niveles o tiene ≥ 2 factores de diseño con niveles discretos, y resulta en datos de intervalo. El análisis estadístico tradicional ya no es el simple cálculo de las tendencias centrales y grados de dispersión de los datos de cada nivel o combinación de niveles de diferentes factores de diseño, respectivamente, sino es un proceso más racionalizado todavía: el *análisis de varianza* (ANDEVA, o ANOVA para sus siglas en inglés)². La persona (unas décadas atrás) o la computadora realizando el ANDEVA calcula un estadístico de la muestra muy sintético, el valor de los *cuadráticos medios* o MS para sus

siglas en inglés. Este valor representa el efecto cuantitativo de una variable independiente como un todo, o de la interacción entre dos o más variables independientes, sobre los valores de la variable de respuesta. También se calcula un valor de MS asociado con la variación intrínseca. Finalmente se calculan estadísticos de la muestra más sintéticos todavía: todos los valores de F , donde cada F es el cociente entre un valor de MS asociado con un nivel particular o con una de las combinaciones de ellos, y el MS asociado con la variación intrínseca u otro MS como divisor (ver Berenson & Levine 1996, Zar 1999 o Quinn & Keough 2002 para una explicación completa). Al aplicar un ANDEVA a sus datos, muchos investigadores terminan presentando sólo los valores de MS y F , ni siquiera los estadísticos (por ejemplo, media aritmética y varianza) asociados con cada muestra (nivel o combinación de niveles) y ¡ni hablar de los datos originales! Eso es un error ya que la elección de un diseño complejo no es un pretexto para fallar en el objetivo de contestar la Pregunta de trabajo. Ella habla de, y exige la presentación de, el valor de la variable dependiente por cada unidad de respuesta, no sólo los valores híper sintéticos de MS y F .

Y hablando de fallas, el **texto original** —el que apenas presentó el concepto de diseños con niveles continuos en el capítulo 4— apenas mencionó de pasada el análisis estadístico de estudios con ese diseño (pp. 79). ¿Cómo podemos aclarar y entender la tendencia a través de un gran número de datos de un estudio con niveles continuos, los que al graficarse resultan en una nube de puntos de un extremo al otro del eje X del gráfico?

La solución tradicional es sencilla. Casi todos hacemos el supuesto consciente o inconsciente de que la relación entre los valores de Y (la variable dependiente) y los de X (la independiente, ahora cuantificada) se representaría mejor por una línea recta. Así realizamos una simple *regresión lineal* que conduce a la línea recta que mejor se ajuste a la dispersión de los puntos (ver por ejemplo la figura 1 de Naoki 2012). Pero ¿cuántos fenómenos

² Casi todos los muchos miles de usuarios del ANDEVA saltan a la *inferencia* estadística asociada con él, la que consiste en buscar el valor de P asociado con cada valor del estadístico de la muestra F , sin darse cuenta de que el análisis de varianza (como su nombre sugiere) es fundamentalmente un *análisis* estadístico de los datos tomados, un análisis cuyos estadísticos sintéticos de la muestra son los MS y cuyos estadísticos híper sintéticos de la muestra son los F .

ecológicos fuera del laboratorio seguirán una forma lineal? Muy pocos. Es casi cierto que la dureza del suelo, por ejemplo, no variará de manera lineal con la distancia de la zona desde el centro del sendero (figura 5.4.3a y el ejemplo que encontrará en el capítulo 5.5A).

Unos ecólogos y biólogos de la conservación adeptos a la matemática han pretendido resolver esta duda por realizar *regresiones no lineales*, buscando la fórmula matemática cuya curva mejor se ajuste a los datos. Sin embargo ¿no queremos simplemente aclarar y entender mejor la tendencia entre los datos mismos, en lugar de buscar la forma matemática de la función (curva) que mejor describa esta tendencia? Por suerte los científicos sociales han enfrentado el mismo dilema y lo han superado.

Ellos aplican numerosas técnicas de la “estimación local” o la “suavización” de los datos (en el uso más amplio del término) para así visualizar las posibles, y posiblemente complicadas, tendencias entre ellos. La figura 5.5.2 muestra un ejemplo llamativo con datos reales. El texto de Keele (2008) es un tremendo recurso para el análisis estadístico de datos de estudios con niveles continuos. Comienza por las técnicas más caseras y termina con técnicas tan sofisticadas y complicadas que el tutor o director de usted se quedará impresionado y maravillado. Aquí no disponemos de espacio adecuado para explicarle ni la técnica más casera de analizar datos de diseños con niveles continuos, pero por favor reconozca que numerosas técnicas existen... y busque el texto de Keele (2008).



Frecuencia de hojas mordidas por volumen (m³) de mata de chinchoroma (*Mutisia* sp.)

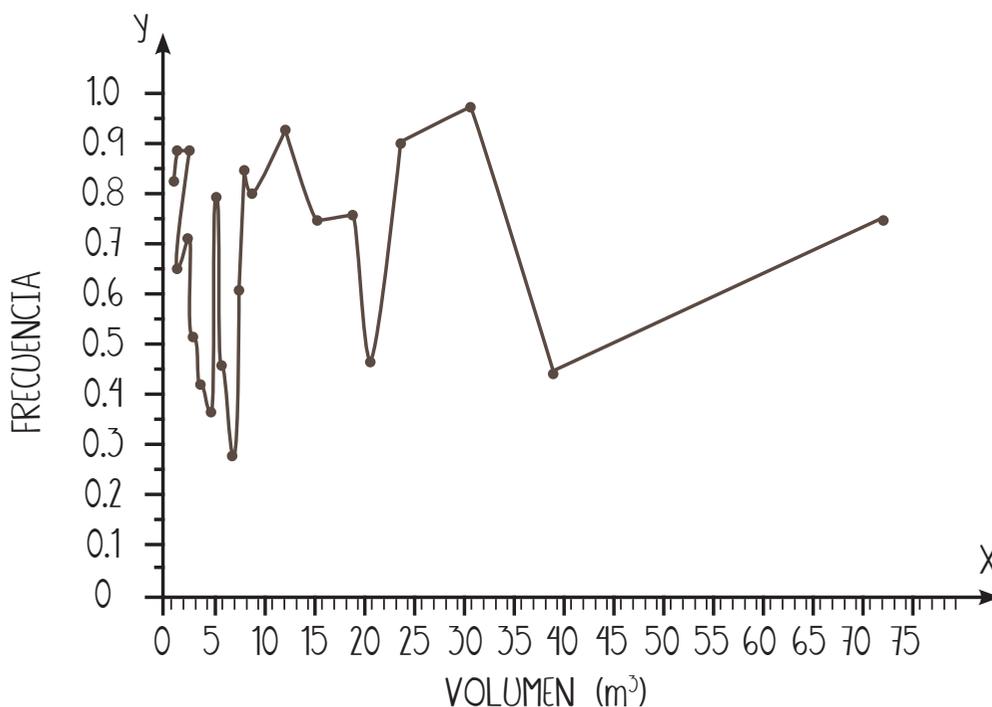


Figura S5.2.a



EQUIPO 1: PARES DE PUNTOS

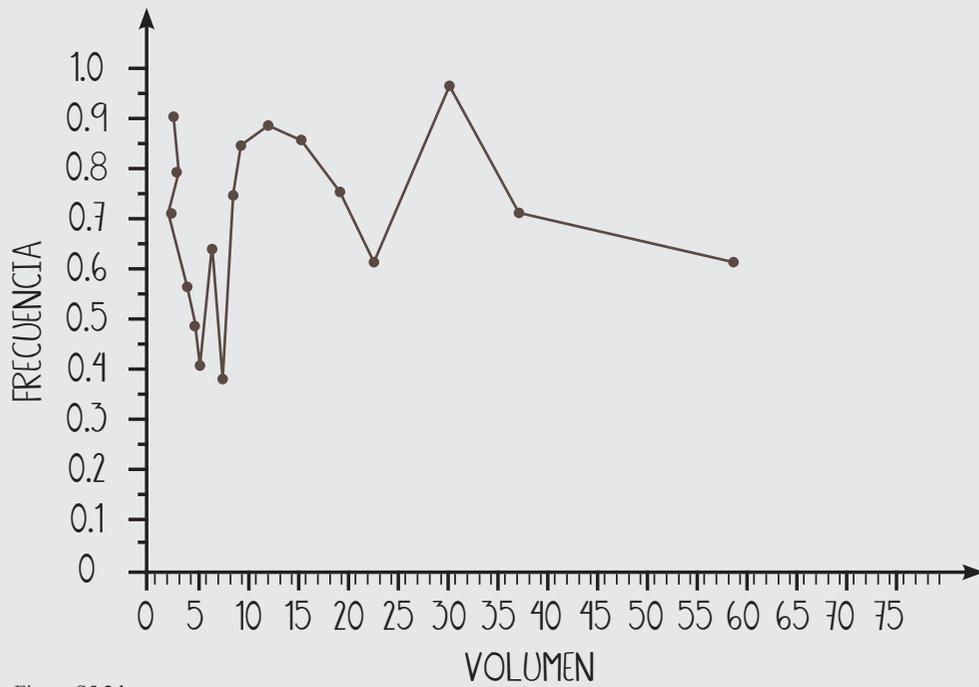


Figura S5.2.b

EQUIPO 3: CUARTETOS DE PUNTOS

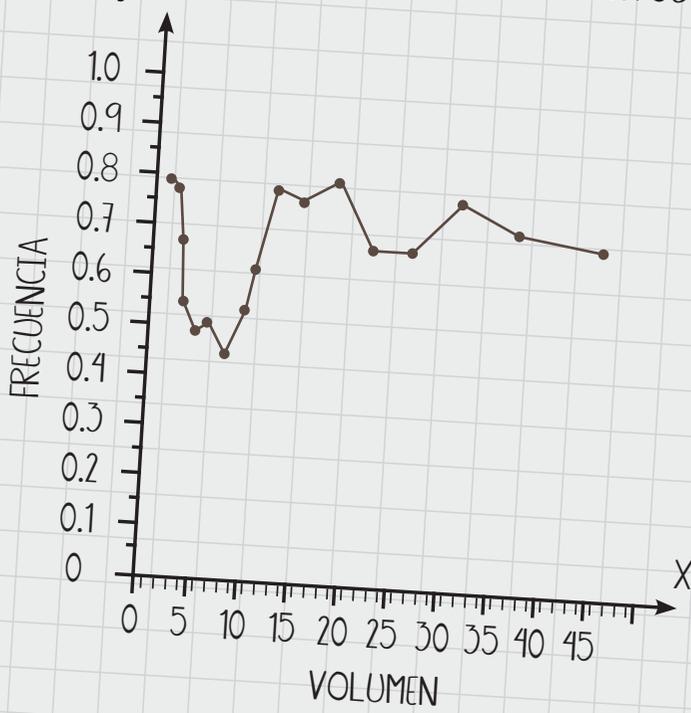


Figura S5.2.c

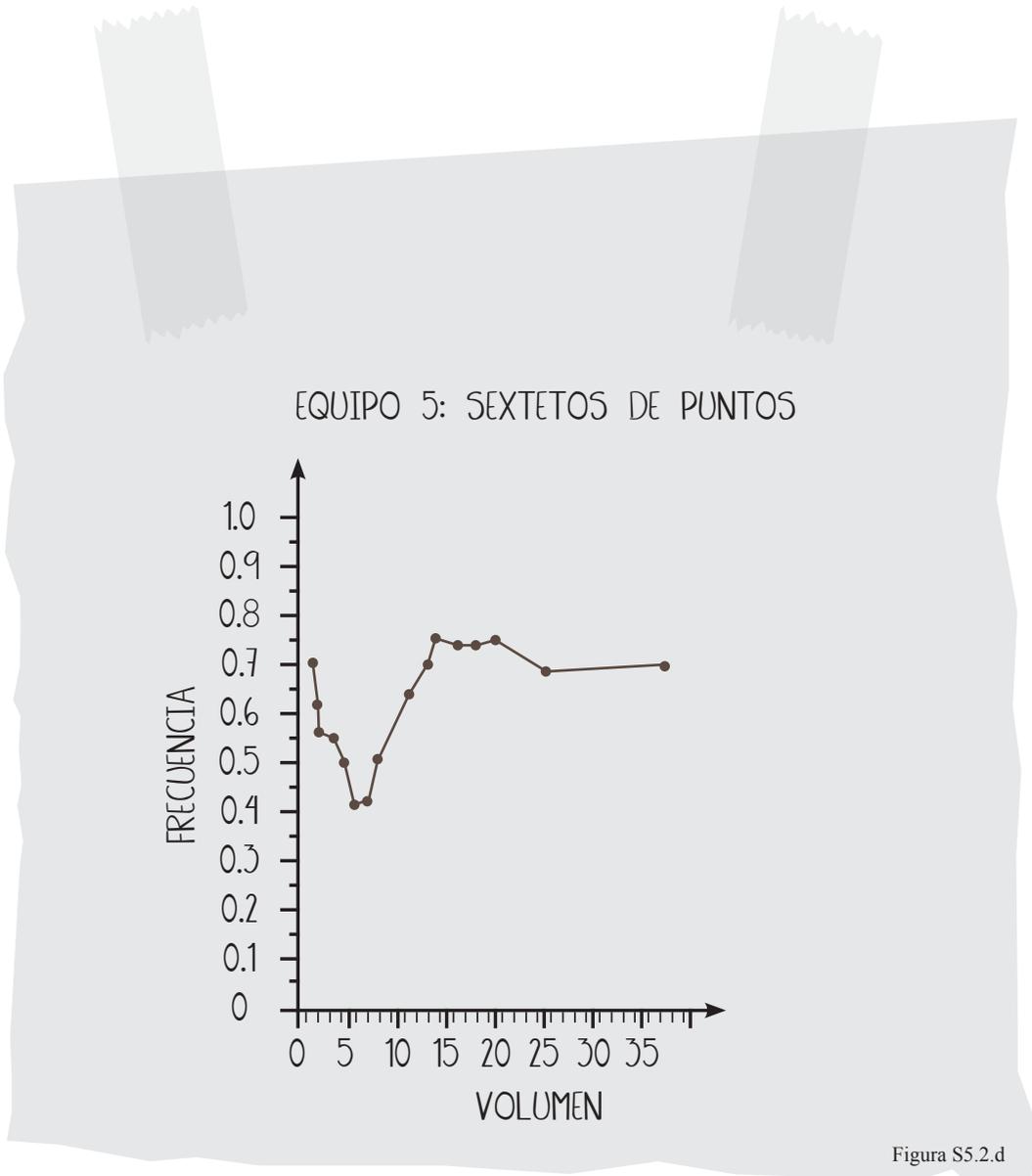


Figura S5.2.d

Figura 5.5.2 Un ejemplo de la “suavización” de datos tomados según un diseño de niveles continuos, Perú 2011, según una Pregunta cuyo factor de diseño era el volumen ocupado por la planta y cuya variable de respuesta era la frecuencia relativa de hojas mordidas. (a) Los datos originales, con un gran número de altibajos y poca tendencia aparente. (b) Datos “suavizados” según “promedios rodantes” de pares sucesivos de datos (ver Keele 2008); ya empiezan a aparecer unas tendencias intrigantes. (c) Datos “suavizados” según cuartetos sucesivos de datos. (d) Datos “suavizados” según sextetos sucesivos de datos. Ahora se ven claramente las tendencias: una relación fuertemente negativa entre el volumen de la planta y la herbivoría hasta un volumen de planta de un poco más de 5 m³ seguido por una relación fuertemente positiva entre el volumen y la herbivoría hasta unos 14 m³ y ninguna tendencia llamativa entre las plantas más grandes. Es probable que estas tres tendencias representen los efectos de tres diferentes fenómenos ecológicos operando en plantas de diferentes tamaños. ¿Una línea recta tomaría en cuenta esta sutileza? ¿La permitiría ver?

Finalmente, tanto como en el análisis de submuestras de una misma unidad de respuesta existen casos especiales de estadísticos de la muestra. Estos incluyen los índices a la diversidad de especies (capítulo 9), los Índices a la Integridad Biológica (capítulo 8), los gráficos de rango abundancia (capítulos 9 y 5.9) y los análisis de los componentes intra e inter individuo de la amplitud de la dieta. Casi siempre se usan para resumir los datos de un nivel a la vez de diseños de niveles segregados, no entremezclados (ver el capítulo 5.9).

Y *¿ahora* qué? Usted puede quedarse felizmente en la mitad izquierda de la figura 5.5.1. O... puede seguir la flecha que sale de la secuencia B hacia el lado derecho de la figura, y aprovechar los estadísticos de la muestra³ para abarcar la inferencia estadística.

► La inferencia estadística tradicional

La filosofía imprescindible: siempre habrá una Chirimoya

El acto I de la obra de teatro del apéndice D del **texto original** (pp. 201 – 202) concluye con una frase de cuatro palabras que ahora está bastante difundida a través de América Latina por las ex víctimas de cientos de cursos y talleres: “¡Siempre habrá una Chirimoya!” En principio se refiere al diseño de estudio, en particular el paso 2 del capítulo 5.4, y el lenguaje de la Reflexión (capítulo 5.5A). Significa que siempre podría haber un lugar o tiempo un poco fuera del ámbito de su estudio, donde de repente las condiciones cambien un poco o mucho y se invierta la tendencia que usted encontró a través del ámbito que usted muestreó. Por ende debe distinguir en sus pensamientos y palabras *lo que es* en este contexto, el ámbito espaciotemporal muestreado, de *lo que podría ser* en los ámbitos más allá en el espacio y el tiempo (anexo 5.I). Sin embargo, si el diseño de su muestreo era el menos malo que fuera posible, si cubría el ámbito precisado por su Pregunta de trabajo según el paso 2 del capítulo 5.4, puede

suponer que las características de las unidades de respuesta seleccionadas sean representativas de las posibles unidades de respuesta no seleccionadas.

Sin embargo, aunque el estudio sea el muestreo mejor diseñado del mundo y su toma de datos netamente objetiva, siempre existe la posibilidad de que *por el puro azar* los datos mismos de la variable de respuesta sean una “Chirimoya de datos” con respecto a los datos que usted podría haber tomado bajo precisamente las mismas condiciones, el mismo diseño y el mismo muestreo sin ningún cambio en el ámbito espacial y temporal del último. Al fondo de la inferencia estadística tradicional siempre merodea el miedo de que los datos cuidadosamente recolectados sean una Chirimoya de datos. Al fondo de su cálculo del intervalo de confianza de 99% sobre la μ , por ejemplo, siempre debería merodear el miedo de que su estudio sea uno de los del 1% en que los datos son una mega Chirimoya, y el valor real pero desconocido e incognoscible de su μ quede fuera del intervalo. Al fondo del acto II de la obra de teatro del **texto original** (pp. 202 – 206) debería merodear el miedo de que los datos de las medidas de alturas de hombres y mujeres sean una Chirimoya, como las Chirimoyas mostradas por las figuras 5.2 y 5.3 del **texto original** (pp. 80 – 81), y que te lleven a tomar una decisión de manejo equivocada.

El capítulo 5 del **texto original**, el resumen del presente capítulo 5.5 y el anexo 5.I discuten en detalle la filosofía imprescindible de la inferencia estadística tradicional. La figura 5.5.1 presenta la relación entre las dos escalas del análisis estadístico (secuencias A y B) y los dos temas principales de la inferencia (secuencias C y D). Como usted ya sabe la secuencia D de la figura 5.5.1, elegida para Preguntas de trabajo comparativas, normalmente emplea pruebas estadísticas de la hipótesis nula estadística H_0 y por ende está etiquetada “el probar la significación de la hipótesis nula” o, por sus siglas en inglés, el NHST (null hypothesis statistical testing). También el capítulo 5 y numerosos trabajos publicados hablan del hecho de que el miedo que más merodea acerca de las Chirimoyas de datos es

3 Recalculando la varianza, desviación estándar y/o coeficiente de variación como corresponda (ver las ecuaciones 5.6 y 5.7 del **texto original**, pp. 74)

el mostrado más sencillamente por la figura 5.2, donde la tendencia mostrada por los datos tomados realmente no existe en la población estadística, mientras que el miedo de la Chirimoya de datos mostrada más sencillamente por la figura 5.3, donde los datos tomados no muestran la tendencia que realmente existe en la población estadística, merece tanta preocupación o más. No gastamos más espacio o más de su tiempo detallando lo que ya puede encontrar en el **texto original** u otras partes de este Suplemento. Sin embargo, quedan algunos detalles...

Los detalles: siempre habrá una aclaración mejor del NHST, o una nueva lección aprendida.

Durante los últimos años lo siguiente nos ha surgido acerca de la inferencia tradicional o “frecuentista”:

- ▶ Siempre y cuando tengan sentido (datos de intervalo que cumplan con el supuesto de la normalidad), los intervalos de confianza, sección C de la figura 5.5.1, son las variantes más robustas de la inferencia estadística tradicional (Nakagawa & Cuthill 2007) y pueden extenderse al concepto de la magnitud del efecto del factor de diseño sobre la variable de respuesta y su significado biológico (ver el anexo 5.I).
- ▶ Pasando al NHST, el valor de P que sale de una prueba estadística no debería etiquetarse $\alpha_{\text{observado}}$ como en el **texto original**. El valor de P es simplemente *la probabilidad de que las tendencias mostradas por los datos tomados o tendencias más llamativas aún, podrían mostrarse por un muestreo aleatorio del mismo tamaño de muestra (n) tomado de una población de datos sin ninguna tendencia entre ellas*. ¿Por qué aclaramos este aspecto? Resulta que el “padre del NHST” R. A. Fisher desarrolló el acercamiento, y una proporción “significativa” de los cálculos para las pruebas estadísticas, pensando en **un solo estudio experimental** (note el énfasis). Durante mucho de su vida Fisher proponía la decisión dicotómica de rechazar la H_0 si P resultó $\leq 0,05$ y no rechazarla si P resultó $> 0,05$ pero habló del

famoso “0,05” como el “nivel de significación”, no como el nivel de rechazo o α_{rechazo} (Hurlbert & Lombardi 2009, Nuzzo 2014). Fisher eligió el valor de 0,05 por razones históricas, por consenso entre sus colegas de aquellos tiempos y (según nuestra especulación) porque tenía 5 dedos por extremidad.

- ▶ Por otra parte, el concepto de los errores estadísticos de Tipo I y Tipo II, la hipótesis alterna estadística (H_A), el uso de α y la exigencia de fijar el valor de α_{rechazo} antes de la toma de datos fueron propuestos no por Fisher sino por otros estadísticos, E. Pearson y J. Neyman, a menudo enemigos académicos de Fisher (Hurlbert & Lombardi 2009). Pearson y Neyman siguieron otra línea de razonamiento estadístico, la de la **proporción de experimentos repetidos** (note el énfasis) en que se rechazaría la H_0 cuando no debería haberse rechazado (Hubbard & Bayarri 2003, Hurlbert & Lombardi 2009, Nuzzo 2014). Por ejemplo, según el razonamiento de la “tasa de errores” de Pearson y Neyman un α de 0,05 significa que si el científico realiza 100 experimentos, en 5 de ellos cometerá un error estadístico de Tipo I. Tanto como Fisher, Pearson y Neyman propusieron la dicotomía de rechazar o no rechazar la H_0 según un valor fijo, pero su valor fijo tenía que ver con el riesgo de que éste sea aquel experimento en que se rechace el H_0 “por accidente”. Irónicamente, por razones netamente diferentes a las de Fisher esos dos autores propusieron el valor de 0,05, el que esta vez sí podemos etiquetar con α_{rechazo} , como el límite entre “riesgo aceptable” y “riesgo inaceptable”. Más irónicamente todavía, ese valor que propusieron para comparar con α_{rechazo} y así tomar la decisión de rechazar o no el H_0 , el que realmente sí puede etiquetarse $\alpha_{\text{observado}}$, fue... ¡exactamente el mismo valor que sale de la prueba estadística, es decir el P de Fisher! En fin, la convergencia en la práctica entre el acercamiento de Fisher (que no habló de más de un solo experimento a la vez, ni habló de errores estadísticos de tipo I ó II, α o β) y el de Pearson y Neyman (que no habló de un P de un solo experimento sino del riesgo a largo plazo

de cometer un error estadístico de tipo I, a través de numerosos experimentos) han conducido a mucha confusión (Biau *et al.* 2010), lo cual es comprensible. Si le interesa y/o le confunde el tema, le sugerimos que lea la revisión exhaustiva de Hurlbert & Lombardi (2009).

- ▶ La mayoría de los mejores textos de la estadística (por ejemplo Berenson & Levine 1996) y muchos otros (por ejemplo, el texto de Feinsinger 2004) hibridan involuntariamente los dos acercamientos (Hubbard & Bayari 2003, Nuzzo 2014). Por ejemplo, Feinsinger (2004) hablaba del doble significado de “ $\alpha_{\text{observado}}$ ” (el valor fisheriano de P que sale de la prueba estadística): (1) compararlo con el α_{rechazo} y tomar la decisión dicotómica de rechazar o no la H_0 , lo que es correcto dentro de su contexto, y (2) si se ha decidido rechazar la H_0 , interpretar P como la probabilidad de justo haber cometido un error de tipo I, lo que es incorrecto. Los valores cuantitativos de P y α coinciden *antes* de tomar la decisión de rechazar la H_0 , pero por razones análogas a las de desconfiar en “el análisis de potencia a posteriori” (ver las pp. 186 - 187 del **texto original**), *después* de haber tomado esa decisión su riesgo de haber cometido un error estadístico de Tipo I ya tiene otro valor (Hubbard & Bayarri 2003).
- ▶ Ahora muchos estadísticos, aún aquellos que siguen el razonamiento original de Fisher y el acercamiento del NHST, han descartado la arbitraria dicotomía entre resultados con y resultados sin la significación estadística (Hurlbert & Lombardi 2009). El investigador mismo debe decidir qué hacer con, por ejemplo, un valor de P de 0,09, tomando en cuenta las consecuencias de suponer que algo está pasando cuando realmente no está pasando, y las de decidir no suponer que algo esté pasando cuando realmente sí está pasando... análogo a la figura 5.4, las páginas 86-88 y el apéndice B de Feinsinger (2004).
- ▶ Finalmente, y todavía en el campo del NHST, otra revisión reciente (Lombardi & Hurlbert 2009) fortalece por unos órdenes de magnitud el argumento en contra de las Preguntas de trabajo

direccionales y las “pruebas estadísticas de una cola” (pp. 84 – 85 del **texto original**).

En fin, si usted, su tutor o su jefe insiste en la dicotomía absoluta entre “resultados significativos” y “resultados no significativos”, por ejemplo de P (o α_{rechazo}) de 0,05 u otro valor, ese debe precisarse antes de la toma de datos (ver el paso 17 de diseño, capítulo 5.4). Sin embargo, el consenso creciente entre los estadísticos y los ecólogos de campo, biólogos de la conservación y muchos otros que están todavía en el NHST, es que tal dicotomía es absurda, una tremenda desviación de lo importante, y que el valor de P debe juzgarse según el estudio particular (Levine *et al.* 2008, Mitchell *et al.* 2010 y en particular Hurlbert & Lombardi 2009 y Nuzzo 2014).

▶ Críticas del NHST y la propuesta de alternativas

Johnson (1999), Hubbard & Bayarri (2003), el anexo 5.I (pp. 145) y las citas encontradas en éste, resumen de diferentes maneras las críticas del uso ingenuo hasta el uso inteligente del NHST y no las repetimos aquí. Se encuentran numerosas citas adicionales en la revisión de Hurlbert & Lombardi (2009), que critica el uso ingenuo del NHST aunque defiende incondicionalmente su uso inteligente. Muchas de las críticas se encuentran en trabajos escritos por proponentes de acercamientos alternativos a la inferencia estadística tales como la estadística bayesiana y los modelos teóricos de información (modelos IT según las siglas de “information-theoretic models” en inglés). La revisión de Stephens *et al.* (2007) sigue siendo la comparación más entendible de los acercamientos alternativos a la inferencia estadística. Y nosotros seguimos preguntándonos si es posible que las alternativas al NHST presenten tantos problemas fundamentales como la altamente criticada NHST (anexo 5.I). Posiblemente es sólo que no hayan estado en el “ojo público” por un tiempo suficiente como para acumular una masa crítica de sus propios criticones (aparte de Hurlbert & Lombardi 2009). Hemos encontrado un sinnúmero de abusos y mal usos del NHST, de los cuales la aplicación de

pruebas estadísticas a submuestras y así cometer el pecado de la seudorreplicación es uno de los *menos* graves (y ver Farji-Brenner 2009). También hemos encontrado muchos casos de la aplicación de las aún menos entendibles alternativas, tal como los modelos IT, a datos netamente inadecuados o inapropiados.

► Conclusión

Recurrimos a una idea que se explica en el último párrafo de la página 145 y continua en la página 146 del anexo 5.I: las herramientas de la inferencia estadística son motosierras prendidas regaladas a nosotros los niños de preescolar (figura 5.5.1). Su disponibilidad en programas de computación no disminuye sino aumenta notoriamente el riesgo de hacer daño al usarlas sin que nos capacitemos exhaustivamente en su uso debido y las usemos con mucha cautela, humildad, sentido común y entendimiento de la historia natural. Los intervalos de confianza son las herramientas menos peligrosos de la inferencia estadística. No son motosierras prendidas, no obstante todavía son serruchos afilados (figura 5.5.1) porque a menudo se aplican a datos que no cumplen con sus supuestos, o simplemente se interpretan mal. Finalmente, aún durante el *análisis* estadístico de los datos tomados, ni pensar en los datos no tomados, todavía podemos cortarnos con otro serrucho (figura 5.5.1) si al calcular los estadísticos de la muestra borramos los datos de los casos (unidades de respuesta) individuales y presentamos sólo los resúmenes, como verá en el capítulo 5.9. Tenga cuidado al entrar en la secuencia B de la figura 5.5.1 y tenga cuidado especial al empezar a recorrer el camino hacia la inferencia (secuencias C y especialmente D, más los acercamientos “no tradicionales” no mostrados en la figura). Es mucho más importante diseñar, analizar y presentar su estudio bien que realizar una inferencia estadística que no entienda y no pueda evaluar con ojo crítico. ¿Y el valor mágico de 0,05 que separa “lo bueno” (y publicable) de “lo malo” (y no publicable)? ¡Por favor!

CAPÍTULO 5.5A. LA REFLEXIÓN: CÓMO EXPRIMIR EL JUGO DE UNA INDAGACIÓN Y SEMBRAR LAS SEMILLAS DE LAS NUEVAS

Y ¿el resumen de este capítulo en el **texto original**? No hay nada que resumir porque no existía en el original. Luego de definir la Reflexión en su capítulo 2, el **texto original** no volvió más a explicitar el tema y apenas la mencionó del capítulo 6 en adelante. En aquel entonces se destacaron los primeros dos pasos del Ciclo de Indagación, la Pregunta y la Acción, y se supuso que una Reflexión cuidadosa y completa saliera sin más consignas. Sin embargo, durante la última década hemos encontrado que en la capacitación de los usuarios del libro y muchos otros (ver el capítulo 5.10) es urgente que se explicita la indagación como un todo, desde la Observación y la Pregunta de trabajo hasta los últimos pasos de la Reflexión y la propuesta de las nuevas Preguntas de trabajo que surgen. El anexo 5.I y otros trabajos (Feinsinger 2013, 2014) presentan la secuencia de etapas ya explícitas de la Reflexión, y se encuentran ejemplos en el capítulo 3 y anexo I de Arango *et al.* (2009) [OJO: al momento de escribir aquel texto, todavía no se explicitaba la cadena completa (Observación, Concepto de Fondo, Inquietud Particular) al fondo de la Pregunta.] Pero falta un ejemplo de la Reflexión en el contexto de nuestros estudios de campo. Aquí va.

EL PENETRÓMETRO EN ACCIÓN

Observación: El sendero El Imposible en el Parque Nacional El Perdido está sometido a bastante tránsito de guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos.

Concepto de Fondo: Por lo general el recorrido repetido de personas (por ejemplo turistas), vehículos, maquinaria y mamíferos silvestres o domésticos -el ganado- provoca la compactación de suelos. Este fenómeno puede disminuir la capacidad de la tierra de absorber agua, aumentando el escurrimiento de la misma durante las lluvias y la erosión, no sólo de los suelos de un sendero o camino en sí sino

también de los suelos de los hábitats al costado. Estos procesos pueden incidir en las plantas y los animales que habitan en el suelo y en el costo del mantenimiento del sendero o camino, por ejemplo si es un sendero de turismo.

Inquietud particular: ¿Incide el pisoteo de personas, más el de otros mamíferos, en la compactación del suelo del sendero El Imposible?

Pregunta de trabajo: En la mañana del 31 de febrero 2011, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo (número de golpes del penetrómetro), entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) del centro del sendero?

Los guardaparques seleccionan cuatro niveles arbitrarios de zonas difusas a diferentes distancias: a 0 cm (centro del sendero), 25 cm, 50 cm y 150 cm del centro del sendero. Deciden armar un diseño en bloques (figura 5.4.3c), distribuyendo 9 bloques a lo largo del tramo. Miden la dureza (grado de compactación) de suelos por el número de golpes de esfuerzo estándar, con martillo, requeridos para que el clavo penetre hasta el centímetro 30 (capítulo 5.4, pasos 9 y 10). Toman 3 submuestras por zona (pasos 11 y 12), cada una resultando en un dato básico. También en cada sector anotan de manera general las características de la topografía, el ancho del sendero y la humedad del suelo pero no registran datos precisos, ya que esos elementos no estaban en la Pregunta. Están conscientes del efecto posiblemente tramposo de cambiar de guardaparques golpeadores, así que hay uno solo a lo largo de la Acción. Durante la toma de datos se dan cuenta de que en unos bloques, y en particular en sus zonas a mayor distancia del centro del sendero, la dureza del suelo (número de golpes) entre las tres submuestras varía llamativamente dentro de una misma zona.

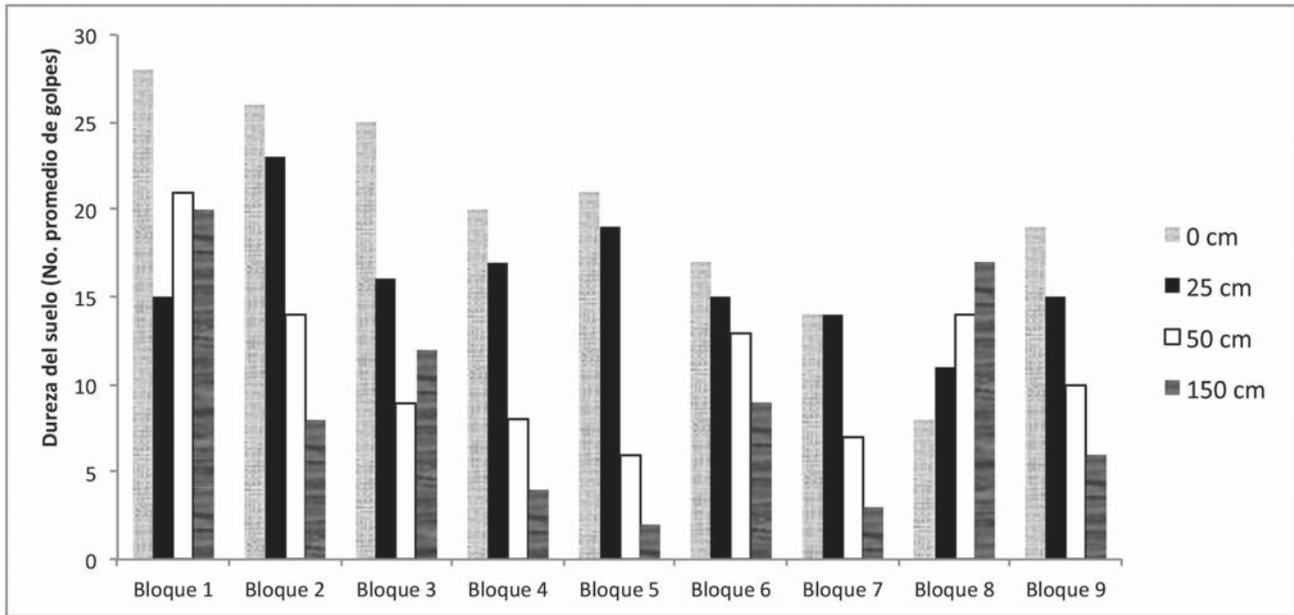


Figura 5.5A.1 Unos resultados típicos de la clase de indagación sobre la compactación de suelos alrededor de senderos, según el diseño de bloques mostrado en la figura 5.4.3c.

Al volver a la casona de guardaparques promedian los valores de aquellas tres submuestras de cada zona, para darle un valor representativo de su dureza a la zona como un todo (el dato derivado). Sus resultados, los que son representativos de los de nuestras indagaciones verdaderas sobre el tema, aparecen en la figura 5.5A.1. En la figura se presenta una barra por cada unidad de respuesta (caso), y se agrupan las cuatro barras de un mismo bloque, una barra por nivel. Además de dibujar el gráfico se ponen sobre la mesa varias observaciones puntuales que fueron registradas durante la Acción en sí. Son las siguientes:

- ▶ El sendero empezó en la lomita del centro de visitantes y bajó por una pendiente ligera hasta aproximadamente el sector donde se colocó el bloque 8, luego subiendo otra pendiente ligera.
- ▶ Aunque no se midió la humedad del suelo, esta pareció ser mayor en la zona más baja que en las pendientes elevadas. En particular, el suelo de la región de los bloques 6 y 7 pareció estar bastante húmedo y el del sector del bloque 8 era casi pantanoso.
- ▶ El ancho del sendero no era uniforme, siendo mayor en el tramo de los bloques 5 – 7 que en los demás.
- ▶ En los sectores de los bloques 1 y 3, pero no en los demás, había evidencia de actividad de mamíferos subterráneos.
- ▶ No fue fácil mantener una misma fuerza de golpes a lo largo del estudio. El compañero golpearlo se cansó algo y terminó bien hambriento.
- ▶ No excavamos y por ende no tenemos ninguna información sobre la fauna del suelo. Sin embargo, encontramos una variedad de artrópodos en la hojarasca a ≥ 50 cm del centro del sendero mientras que encontramos sólo hormigas y unos escarabajos en el sendero pelado mismo.
- ▶ En casi todos los bloques anotamos un cambio notorio en la densidad y composición de especies de plantas herbáceas, entre el medio y los bordes del sendero mismo y el sotobosque al costado.

Con toda esa información los guardaparques se sientan juntos en la mesa, miran el gráfico y sus anotaciones y empiezan a reflexionar en equipo, que siempre es la manera de alcanzar las Reflexiones mejores, siguiendo el esquema de Feinsinger (2014).

EL PUENTE: LOS RESULTADOS AQUÍ Y ALLÁ

La respuesta a la Pregunta es precisamente lo mostrado por la figura 5.5A.1: la dureza del suelo de cada una de las 36 zonas muestreadas. ¿Hay tendencias sobresalientes? Por lo general, desde un extremo del tramo muestreado hasta el otro, los datos muestran una marcada tendencia de menor dureza de suelo a mayor distancia del centro del sendero. ¿Hay excepciones a aquellas tendencias? Sí. Sólo 5 de los 9 bloques (2, 4, 5, 6, 9) muestran una tendencia uniforme. Los demás presentan desviaciones menores o mayores de la tendencia:

- ▶ En el bloque 1 la dureza bajó mucho entre la zona a 0 cm y la a 25 cm pero luego subió a una dureza intermedia en las zonas de 50 y 150 cm. De manera semejante, en el bloque 3 la dureza bajó a través de las zonas a 0, 25 y 50 cm pero luego subió en la zona a 150 cm.
- ▶ En el bloque 7 la dureza no cambió entre la zona del centro del sendero y la zona a 25 cm. En los bloques 5 y 6 apenas bajó entre esas dos zonas.
- ▶ El bloque 8 mostró una tendencia opuesta. La dureza del suelo subió uniformemente al alejarse la zona del centro del sendero.

También el gráfico muestra claramente otra tendencia, una que los guardaparques no hubieran detectado de haber empleado un diseño aleatorio (figura 5.4.3b): un decremento gradual de la dureza del suelo como un todo desde el bloque 1 hasta el 7, y luego un aumento de nuevo en el extremo del tramo muestreado (bloque 9).

Ahora continúan reflexionando. Pero ya dejan de hablar de *lo que es* o sea de los datos que se muestran

directamente en los gráficos, sino comienzan a especular sobre *lo que podría ser* o *podría haber sido*. Note el énfasis en el cambio de verbos, los que también enfatizaremos abajo.

¿POR QUÉ PODRÍA HABER RESULTADO ASÍ?

1. *¿El fenómeno que causó las tendencias podría haber sido el señalado por el Concepto de Fondo (y en muchos casos por la Inquietud Particular también)?* Sí, la tendencia en general, del decremento en la dureza del suelo al alejarse del centro del sendero, fácilmente **podría ser** el resultado directo del pisoteo.
2. *¿Los fenómenos que causaron las tendencias (o falta de ellas) entre los resultados podrían haber sido otros, es decir factores que no se consideraron en el Concepto de Fondo (ni en la Inquietud Particular)? ¿Cuáles pudieron haber sido dichos fenómenos y cómo pudieron haber ocasionado las tendencias observadas o la carencia de ellas?* Los guardaparques y técnicos que diseñan y construyen los senderos de recorrido, de investigación y de turismo (en este caso un mismo sendero) no eligen la ruta al azar. Suelen evitar microhábitats y vegetación muy sensible y suelen buscar sustratos resistentes. **Podría ser** que los que implementaron este sendero, lo colocaron sobre suelos ya más duros que los del costado. Si fuera así la tendencia sobresaliente a través de los resultados se debería, al menos en parte, a la simple selección de la ruta del sendero sobre los sustratos más resistentes. Entonces sin que se realice un experimento controlado no podemos “echarle la culpa” de la dureza del suelo sólo al pisoteo.
3. *Los datos fuera de las tendencias generales ¿pudieron haber sido ocasionados por sucesos, condiciones u otros fenómenos puntuales y particulares a una sola unidad de respuesta o unas pocas? ¿Cuáles pudieron haber sido dichos fenómenos particulares y cómo pudieron haber*

afectado las unidades de respuesta en cuestión? Proponemos que los datos de los bloques 1 y 3 **podría haber resultado** de las actividades de los mamíferos subterráneos. Ellos **podrían haber** aflojado el suelo de la zona a 25 cm y la zona a 50 cm, respectivamente, y no en las demás zonas. Por otro lado **es posible** que los datos de aquellos dos bloques representen el efecto de pisoteo (lugares donde los turistas, investigadores, guardaparques u otros mamíferos se apartaron del sendero principal, por ejemplo para ver una planta rara o en flor). También **es posible**, hasta probable, que lo de los bloques 1 y 3 represente la simple variación intrínseca. La variación intrínseca también **podría explicar** el cambio pequeño o inexistente entre la dureza en las zonas centrales y a 25 cm, en los bloques 5 – 7. Sin embargo, observamos que en ese tramo el sendero estaba más difuso, con huellas más dispersas, que en los demás sectores. Sospechamos que lo de los bloques 5 – 7 **podría haber resultado** del simple ensanchamiento del sendero. Proponemos que la inversión completa de la tendencia general en el bloque 8 **podría deberse** al aflojamiento y desestructuración del suelo casi pantanoso por el paso de las personas y otros mamíferos. Finalmente **es probable** que la tendencia del decremento en la dureza del suelo como un todo desde el bloque 1 hasta el 7, y su incremento en el bloque 9, se deba a los cambios de humedad del suelo (aumentando y disminuyendo respectivamente) asociados con los ligeros cambios en elevación.

4. *Las tendencias entre los resultados y/o las excepciones llamativas ¿pudieron haber resultado de efectos ocultos de un diseño inadecuado o mal hecho? Es decir, ¿será posible que el diseño, incluyendo la selección de unidades de respuesta y la metodología de medir lo que queríamos medir, nos diera una “lectura infiel” de lo que queríamos saber según la Pregunta? Si fuera así ¿cómo sería un diseño mejor?* Los datos del diseño de bloques (figura 5.4.3c) son bien claros, mostrando no sólo la variación en la dureza del suelo respecto

a la distancia del centro del sendero en un sector determinado sino también mostrando cambios en las tendencias entre sector y sector (un efecto de bloque). No podríamos haber alcanzado ese grado de conocimiento por medio de otro diseño espacial. Sin embargo, el diseño empleado no nos dejó saber nada de cómo es el suelo en los grandes espacios no muestreados entre uno y otro de los 9 sectores, dispersados a través de 1,5 km de sendero, y no sabemos nada de cómo es el suelo a otras distancias desde el centro que las que elegimos arbitrariamente. Es posible que los cambios más llamativos e importantes en la dureza del suelo sucedan no a las 3 distancias elegidas fuera del centro (25, 50 y 150 cm) sino en algún punto intermedio. Un diseño con niveles continuos (figura 5.4.3a) podría habernos dado información más útil, al costo de perder los detalles de conocimiento brindados por el diseño en bloques (figura 5.5.A.1).

Lo que medimos fue la dureza del suelo a través de la capa superior de 30 cm. Pero es posible que el efecto del pisoteo, si eso es la causa de lo que encontramos, sea diferente a escala de capas más finas y que eso sería importante saber. Es decir, podríamos haber contado el número de golpes para que el clavo penetrara hasta 10 cm, luego desde 10 hasta 20 y desde 20 hasta los 30. Es decir, según modificaciones en el Concepto de Fondo y la Inquietud Particular para que tocaran también el tema de las capas finas, la Pregunta de trabajo habría sido, y podría ser en el futuro:

En la mañana del 17 de marzo 2041, a lo largo del sendero El Imposible transitado por guardaparques, voluntarios, especialistas, turistas y otros mamíferos en el Parque Nacional El Perdido ¿cómo varía la dureza o grado de compactación del suelo (número de golpes del penetrómetro), entre zonas difusas de suelo a diferentes distancias (hasta 150 cm) del centro del sendero y entre las capas de 0 – 10, 10 – 20 y 20 – 30 cm de profundidad?

Confiamos bastante en el penetrómetro en sí, el clavo golpeado por el martillo, como manera de darnos una lectura fiel de la dureza del suelo. Fue fácil reconocer cuando el clavo encontró una raíz o una piedra, descartar ese punto y buscar otro dentro de la zona. Sin embargo, no estamos convencidos de que el compañero golpeador lograra usar una fuerza uniforme a través de la Acción. Es posible que una parte del decremento en la dureza de suelos como un todo entre el bloque 1 y el 7 se deba no a la humedad sino al hambriento compañero, que simplemente quería terminar lo más rápido posible e inconscientemente golpeó con mayor fuerza el penetrómetro, y que el aumento en el bloque 9 se deba al cansancio luego de haber golpeado el clavo unas 700 veces. Podríamos haber cambiado de compañero golpeador entre bloque y bloque pero no dentro de un mismo bloque (para no introducir un factor tramposo). Sin embargo, ese cambio de personas, cada una con su fuerza de golpe particular, se habría confundido con el “efecto de bloque” evidente en la figura 5.5A.1. ¿Podemos inventar una “tecnología casera” para asegurarnos que la fuerza sea igual a lo largo de los estudios? ¿Algún “martillo mecánico”? ¿Cómo podríamos fabricar uno con los materiales que tenemos en el puesto? De todas maneras el uso del “compañero golpeador estándar” no parece haber creado problemas mayores.

La definición de la unidad de evaluación como una línea vertical de 30 cm de largo tiene sentido, aparte de la posibilidad ya discutida de dividirla en tres sectores. Pero creemos que deberíamos haber submuestreado más. Dada la alta variabilidad entre submuestra y submuestra en unas zonas, en particular las ubicadas a mayor distancia del centro del sendero, es posible que el promedio de sólo 3 submuestras no alcance un valor representativo de la zona como un todo. Podría haber sido mejor, y será mejor la próxima vez, realizar 3 o 4 submuestras en las zonas más cercanas al centro del sendero (donde parece que no hay tanta variación dentro de una misma zona) pero 5 o 6 submuestras en las zonas más

lejanas (donde la variación entre submuestras era mayor). Eso implicaría un esfuerzo de muestreo algo mayor y podría ocasionar más cansancio del compañero golpeador. Sin embargo creemos que los resultados podrían ser más confiables.

¿QUÉ PODRÍA SUCEDER MÁS ALLÁ DEL ESTUDIO EN SÍ?

- ▶ El 31 de febrero fue el undécimo día seguido sin lluvia. Según la reflexión sobre el bloque 8, sospechamos que cambios marcados en la humedad del suelo podría ocasionar cambios marcados en su dureza (¡jobvio!) y hasta invertir la tendencia respecto a la distancia del centro del sendero. Entonces... (le toca a usted plantear uno o varios Conceptos de Fondo, Inquietudes Particulares y Preguntas de trabajo para evaluar qué sucedería según cambios en el clima.)
- ▶ El sendero El Imposible se abrió al turismo seis meses atrás. Es muy probable que a lo largo de los meses y años que vienen, las tendencias mostradas en la figura 5.5A.1 se agudicen o se cambien de otra manera, por ejemplo ampliando la zona pisoteada cada vez más. Entonces... (ídem.)
- ▶ Investigamos un solo tramo del sendero El Imposible. En realidad este sendero pasa por muchos otros hábitats, pendientes, clases de suelo (arcilloso y arenoso, por ejemplo). También en otras partes del parque hay senderos en otros ambientes como un todo, por ejemplo con pendientes bastante fuertes en cerros altos. Entonces... (ídem. Pero esta vez le toca a usted plantear varios Conceptos de Fondo, varias Inquietudes Particulares y un número mayor aun de Preguntas de trabajo).
- ▶ El Concepto de Fondo no habla del papel del pisoteo de personas y otros mamíferos sólo sobre la compactación del suelo sino también sobre la erosión. (ídem., también resultando en un número grande de Preguntas de trabajo. Pista: revise las tres reflexiones anteriores y

piense en posibles combinaciones de ellas, respecto a la erosión).

- ▶ No investigamos la fauna del suelo mismo, y tenemos sólo impresiones sueltas del cambio brusco de la fauna de la superficie entre el centro del sendero y la hojarasca al costado. Es bien posible que los cambios en la compactación del suelo, el pisoteo en sí y la pérdida de hojarasca en el centro del sendero ejerzan efectos llamativos sobre la fauna de artrópodos, otros invertebrados y hasta los vertebrados pequeños tales como lagartijas, culebritas de hojarasca o medio subterráneas y cecilidos. Entonces... (ídem., hasta muchas Preguntas de trabajo cada una precedida por su Concepto de Fondo e Inquietud Particular).
- ▶ Nos preguntamos no sólo sobre el cambio evidente a simple vista en la densidad y composición de especies de las plantas herbáceas respecto a la distancia del centro del sendero sino también en cómo llegaron, teniendo en cuenta (a) la dispersión de semillas por el viento, por aves, por murciélagos, por el pelaje/la bosta/las patas de mamíferos silvestres terrestres, por el pelaje/la bosta/las pezuñas del ganado, por las botas de los turistas y las demás personas y (b) la presencia, en los sectores más perturbados del Parque Nacional Perdido, de especies bastante agresivas de plantas exóticas. Nos preguntamos si el sendero desfavorece el establecimiento de las plantas nativas del sotobosque y favorece el establecimiento de las plantas pioneras nativas, normalmente encontradas en claros en el bosque, y/o las plantas exóticas; y si es así cómo llegan los propágulos de las plantas exóticas. (ídem., hasta numerosas Preguntas de trabajo cada una precedida por su Concepto de Fondo e Inquietud Particular).

¿PODRÍA HABER APLICACIONES?

La compactación de suelos, la erosión y todas las demás consecuencias posibles del pisoteo excesivo llevan a un sinnúmero de preocupaciones sobre el

manejo de senderos, el manejo del turismo (¡y de guardaparques, biólogos, voluntarios y el ganado!) y la construcción de nuevos senderos. Al menos una aplicación inmediata surge de las primeras reflexiones: en lugares donde el sendero parece ensancharse, por ejemplo en los sectores de los bloques 5 – 7 (figura 5.5A.1), los guardaparques pueden revisar los alrededores y, si encuentran un objeto que atraiga a turistas (o biólogos, etc.), cambiar un poco la ubicación del sendero para que pase cerca del objeto de interés. Sin embargo, la gran mayoría de ideas de posibles aplicaciones llevará a nuevos estudios según el Ciclo de Indagación Aplicada y hasta el Ciclo de Indagación Aplicada “con F_1 ” (figura 5.4.2). El fin de algunas indagaciones aplicadas podría ser determinar la capacidad de carga. Les dejamos con una sola idea muy resumida, de los miles posibles: en una región del parque menos sensible (para empezar) pero sin senderos de personas hasta el presente, demarcar un gran número de rutas para senderos, como unidades de respuesta (casos). Diseñar un estudio experimental, comparando senderos con el paso de diferentes números de personas, incluyendo 0, aparte del investigador mismo (diseño de niveles continuos o de niveles discretos y hasta en bloques) y, también comparando los sucesivos periodos de tiempo de un mismo sendero, desde antes del paso de la primera persona aparte del investigador hasta unos meses, un año, varios años... y midiendo la compactación, erosión, microfauna, flora herbácea, otra variable(s) de respuesta... es decir, la línea 7 del recuadro 5.4.3. Esa indagación podría llevar luego a la selección de la capacidad de carga pero al implementarse esa pauta de manejo debería a la vez llevar a la línea 8 del recuadro 5.4.3.

PROPUESTAS DE NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y HASTA NUEVAS PREGUNTAS

¡Ya lo ha hecho! O así esperamos. Recalcamos que las reflexiones arriba, incluyendo las muy resumidas al final, y el sinnúmero de ideas de nuevas indagaciones (incluyendo unas mucho más intensivas y largas) representan sólo una muestra

muy pequeña de las que podrían resultar de la indagación sencilla, en una mañana, de un tramo de un sendero empleando equipos tan pero tan sofisticados como una regla milimetrada, un clavo grande, un martillo y un compañero golpeador. Si usted trabaja en un área protegida es muy probable que haya preocupaciones mucho más urgentes que el manejo de senderos o aún la invasión de especies exóticas de herbáceas, pero en todo caso el proceso de la Reflexión debería ser tan creativo, cauteloso (en no afirmar nada que no esté en los datos tomados, ver el anexo **S.I**) y productivo como la más amplia Reflexión según aquella pequeña indagación sobre un tramo de un sendero. Si es ecóloga básica y no aplicada, del mismo modo su Reflexión debería ser tan creativa, cautelosa y productiva como ésta, ampliada hacia el marco teórico de la Ecología. La única diferencia llamativa se muestra en las figuras **S.2.1** y **S.2.2**, porque el Ciclo de Indagación en sí no tiene la meta de aplicaciones.

CAPÍTULO 5.6. PUNTOS DE VISTA: TENIENDO EN CUENTA LA HISTORIA NATURAL

RESUMEN

Como seres humanos tenemos un punto de vista único sobre el tiempo y el espacio. Pocos otros seres vivos comparten nuestro punto de vista, y ese hecho obvio debe tomarse en cuenta durante el planteo, diseño, realización, interpretación y aplicación de los estudios de campo. Este capítulo del **texto original** detalla la gran variedad de puntos de vista que los otros animales y las plantas tienen sobre la escala espacial de sus actividades e interacciones y sobre el paso del tiempo, y las implicaciones de esa variación a su conservación y el manejo. Además habla del “punto de vista” de las poblaciones de los seres vivos sobre los paisajes en que los encontramos. La teoría de que todas las poblaciones de animales y plantas presentarán “fuentes” donde la tasa de natalidad excede la de mortalidad y “sumideros” donde la tasa de mortalidad excede la de natalidad, es muy difícil de demostrar empíricamente pero no cabe ninguna duda de que sea la verdad. Esta teoría tiene tremendas implicaciones a la conservación. En lugares ricos en especies, las poblaciones locales de algunas o muchas de ellas podrían estar realmente en “sumideros” cuya supervivencia a largo plazo depende del ingreso de propágulos o individuos “en exceso” de fuentes cercanas. Por ende, si de golpe un parche del paisaje anteriormente cubierto de un continuo de hábitat poco perturbado se encuentra aislado, por ejemplo un área protegida rodeada de pastizales o cultivos, aquel ingreso se corta. Como resultado las pocas o muchas poblaciones sobrevivientes que estaban realmente en sumideros, aunque parecen estar bien sanas, pronto estarán en vías de extinción dentro del área protegida a pesar de los mejores esfuerzos por salvarlas.

La teoría de que todas las poblaciones de animales y plantas presentarán “fuentes” donde la tasa de natalidad excede la de natalidad y “sumideros” donde la tasa de mortalidad excede la de mortalidad,

es muy difícil de demostrar empíricamente pero no cabe ninguna duda de que sea la verdad. Esta teoría tiene tremendas implicaciones a la conservación. En lugares ricos en especies, las poblaciones locales de algunas o muchas de ellas podrían estar realmente en “sumideros” cuya supervivencia a largo plazo depende del ingreso de propágulos o individuales “en exceso” de fuentes cercanas. Por ende, si de golpe un parche del paisaje anteriormente cubierto de un continuo de hábitat poco perturbado se encuentra aislado, por ejemplo un área protegida rodeada de pastizales o cultivos, aquel ingreso se corta. Como resultado las pocas o muchas poblaciones sobrevivientes que estaban realmente en sumideros, aunque parecen estar bien sanas, pronto estarán en vías de extinción dentro del área protegida a pesar de los mejores esfuerzos de salvarlas.

CAMBIOS MENORES

Una década después, el capítulo 6 del **texto original** todavía es válido. El tomar el punto de vista de los seres vivos y de los paisajes que estudiamos es igualmente imprescindible como antes. Si estuviéramos redactando una segunda edición del texto, los únicos cambios sustanciales en este capítulo consistirían en agregar numerosas citas de trabajos publicados desde entonces. Pero aquí sólo agregamos dos citas. La primera es la importante revisión de Barlow *et al.* (2012) sobre los muy variados efectos de los pueblos precolombinos sobre los paisajes de la Amazonía y su relevancia a la conservación de hoy. Los argumentos de aquellos autores apoyan y extienden la discusión del papel de los seres humanos del pasado en forjar los paisajes “prístinos” de hoy y las implicancias a la conservación, que se encuentra en las páginas 105 – 108 del **texto original**. La segunda cita trata sobre las temidas especies exóticas, a menudo etiquetadas “invasoras” con o sin justificación. El artículo de Larson (2005) propone que los preocupados de las

posibles amenazas a la conservación representadas por las especies exóticas de plantas y animales hemos empleado un lenguaje muy militarista y xenofóbico para agregar, consciente o inconscientemente, una clase de valor agregado emocional a la “lucha contra los invasores”. Larson sugiere que adoptemos el mismo acercamiento objetivo y realista a las especies exóticas como el propuesto en las páginas 108 – 109 del **texto original**. Al fin y al cabo, nosotros los seres humanos y casi todos nuestro animales domésticos, menos los camélidos y unos perros tal como el chihuahua e incluyendo el mamífero terrestre grande más abundante del hemisferio (la vaca), somos especies exóticas.

Sin agregar otra cita nos parece urgente recalcar la importancia de prestar atención a la sección sobre las “fuentes y sumideros” y su relevancia a la conservación (pp. 113-117). Los biólogos de la conservación y administradores de las áreas protegidas, en particular de las áreas chicas y/o las rodeadas de paisajes convertidos, deben tener en cuenta este concepto clave cuando están preocupados por la disminución del tamaño de población de una especie particular o, a otra escala, preocupados por el decremento en la diversidad de un grupo de varias especies. Siempre es posible que las áreas actualmente habitadas por la población o por unas especies del conjunto, respectivamente, fueran “sumideros” para ellas antes de la fragmentación del paisaje y que se mantuvieran allí sólo por medio de la aportación de propágulos o ejemplares proviniendo de “fuentes” cercanas que ya se han borrado del paisaje. Si es así será poco factible detener la disminución gradual de la población o de la diversidad del conjunto de especies. Podría ser más productivo enfocarse en aumentar la conectividad entre áreas y/o enfocarse en la “matriz seminatural” del paisaje como un todo... tema del siguiente capítulo.

CAPÍTULO S.7. EL CONTENIDO Y EL CONTEXTO: EL PAPEL DE TODO EL PAISAJE

RESUMEN

El capítulo 7 del **texto original** destaca el hecho de que el área protegida u otro parche delimitado de hábitat poco perturbado no debe percibirse como una “isla” rodeada por un “mar” de hábitat hostil. Aquel parche es un solo elemento de un paisaje diverso en otros elementos con los que interactúa: otros parches de hábitat poco perturbado, bosques manejados, vegetación secundaria de toda edad y grado de perturbación, cultivos manejados de diversas maneras (y a menudo con cortinas de viento u otros “jirones” de hábitat no cultivado entre uno y otro) y más. Todos los elementos juegan un papel en la conservación del paisaje, y de hecho unas especies y grupos objetivos de la conservación se aprovechan de aquella variedad de hábitats con diferentes grados de perturbación y uso, más aun que de un solo hábitat protegido continuo.

Si nos enfocamos en el borde del área protegida rodeada de hábitats de otra naturaleza encontramos “efectos de borde”, es decir efectos físicos y biológicos de los alrededores sobre lo que sucede dentro del área, efectos posiblemente marcados en la zona del borde en sí y disminuyéndose al alejarse del mismo. Un número abrumador de estudios y teorías trata de los “efectos de borde” en las áreas protegidas u otros fragmentos aislados del hábitat original. Sin embargo, solo unos pocos ecólogos y biólogos de la conservación han reconocido que un borde tiene dos lados y que el hábitat menos perturbado también puede “mandar” efectos de borde hacia los cultivos, la vegetación secundaria y otros hábitats al costado. Además, es casi cierto que la naturaleza de estos intercambios de “efectos de borde” dependa llamativamente de la naturaleza del hábitat al costado en sí. Las interacciones entre un área protegida y un campo de 10.000 ha de soja, por ejemplo, seguramente serán diferentes de las entre el otro lado del área protegida y una plantación de

Eucalyptus o *Pinus*, o barbechos abandonados unos 7 años atrás. Estos dos fenómenos muy evidentes a cualquier campesino, de que un borde tiene dos lados y que hay bordes y hay “bordes”, han recibido poca atención de los interesados en el manejo de las áreas protegidas y otros profesionales de la conservación y/o la ecología básica.

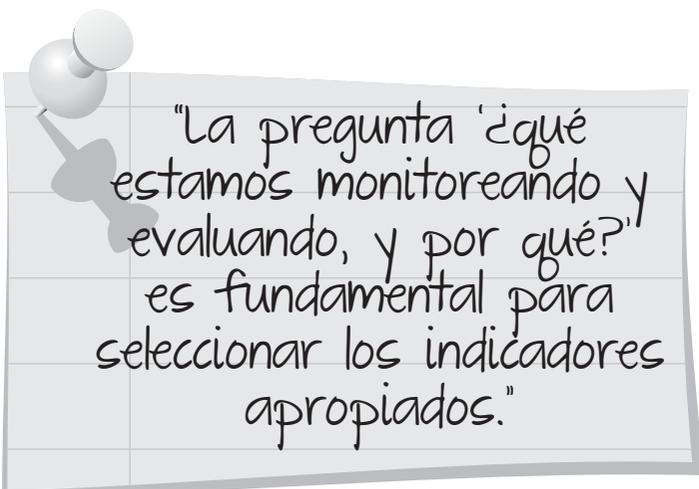
CAMBIOS MENORES

Durante la última década, en muchas partes (aunque no todas) ha surgido el reconocimiento explícito de que el área protegida u otro lugar poco perturbado es sólo un elemento del paisaje y de que otros elementos, tales como parches de bosque manejado o de hábitats más perturbados aun, también son claves en la conservación del paisaje como un todo y sus especies. Esto fue propuesto en el ensayo de Brown *et al.* (2003), ya citado en el **texto original**, y muchos autores anteriores. También ha surgido más reconocimiento de que “un borde tiene dos lados” y que los efectos de borde en ambos variarán según la naturaleza precisa de los dos hábitats colindantes. Sin darle más detalles, les sugerimos que mire las revisiones claves de Putz *et al.* (2012) y Guerrero *et al.* (2013), ya discutidos brevemente en el capítulo 5.4, el ensayo corto de Vandermeer & Perfecto (2007), la revisión exhaustiva de Chazdon *et al.* (2009) y finalmente el trabajo de Harvey *et al.* (2006). Luego de revisar estos cinco trabajos (y por las dudas el capítulo 7 del **texto original**) es probable que usted mire su paisaje con otra vista y que le surja un sinnúmero de ideas para indagaciones importantes al manejo y la conservación.

CAPÍTULO 8. INDICADORES VERSUS OBJETIVOS: ¿ATAJOS PARA EVALUAR LA “SALUD” DEL PAISAJE?

RESUMEN

El capítulo 8 del **texto original** empieza por la cita del trabajo clave de Noss (1990):



“La pregunta ‘¿qué estamos monitoreando y evaluando, y por qué?’ es fundamental para seleccionar los indicadores apropiados.”

Siguiendo esa cita, el capítulo destaca la diferencia fundamental entre “indicadores” y “objetivos”. Una rápida revisión de todos los números de la revista *Ecological Indicators*, por ejemplo, muestra que hay numerosas variables de respuesta químicas, físicas y geológicas que se aprovechan como “indicadores” de la salud del ambiente terrestre, acuático o atmosférico, en particular en el hemisferio norte. Sin embargo, en nuestros paisajes el término “indicador” se aplica más a especies particulares o grupos de especies. Pero a menudo aquellas especies o grupos no cumplen con la definición de “indicador” o los criterios explícitos para la selección de indicadores sino son realmente “objetivos”. Sólo unos pocos grupos de animales o plantas, en su mayoría no muy carismáticos, cumplen con dichos criterios.

Los insectos acuáticos, o en términos más amplios los “macroinvertebrados bentónicos”, forman el grupo indicador más probado y más usado del mundo. Indican fielmente y a bajo costo, los cambios

de la calidad de agua dentro de una determinada microcuenca o sistema lacustre. Las numerosas variables de respuesta armadas sobre la base de muestras de los macroinvertebrados bentónicos oscilan entre la más sencilla (el muy útil “índice EPT”, basado en el número de morfoespecies de los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y la más compleja y precisa (el “Índice Bentónico de Integridad Biológica” o “IBI-B” para sus siglas en inglés). También en unos paisajes se monitorea la salud de cuencas hidrográficas por medio de un IBI basado en peces de agua dulce. Al momento de redactar el **texto original** se estaban proponiendo índices de integridad biológica para ambientes terrestres pero todavía no había salido ningún trabajo publicado. El capítulo termina presentando la alternativa de armar indicadores ecológicos no basado en especies sino basado en interacciones ecológicas fáciles de evaluar, tales como la herbivoría, la depredación de semillas, la polinización de flores y producción de semillas y frutos o la descomposición.

CAMBIOS MENORES, Y UN AVISO REPETIDO CON MÁS FUERZA

Con respecto a los indicadores reconocidos ha habido muchos avances durante la última década. La nueva guía “Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos” (Domínguez & Fernández 2009) nos provee de un recurso inestimable e incluye una revisión imprescindible titulada “Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas” (Prat *et al.* 2009). Salen cada vez más trabajos sobre el tema, una muestra microscópica de los cuales consiste en Compin & Cèrèghino (2003), Heino & Soininen (2007), Moya *et al.* (2011a,b), Oliveira *et al.* (2011) y Couceiro *et al.* (2012). El índice EPT está bien al alcance de, y de mucho interés a, los guardaparques (figura 5.8.1). El acercamiento del Índice a la Integridad Biológica (“IBI”) de ambientes acuáticos, ya más afinado que nunca antes (Southerland *et al.* 2007), se extiende ahora a estuarios (Paul *et al.* 2001). Andreason *et al.* (2001) revisaron los criterios para el desarrollo de un IBI para ambientes terrestres, y ejemplos de tal desarrollo incluyen los trabajos de Kimberling *et al.* (2001), DeKeyser *et al.* (2003) y Miller *et al.* (2006). El debate sobre el valor de las hormigas como indicadores aún sigue, y ahora el consenso es que en unos ambientes el valor puede ser alto no sólo como indicadores de buena salud del ecosistema sino también indicadores de mala salud (Underwood & Fisher 2006, Hoffman 2010). Finalmente, las lombrices terrestres sirven como indicador de la calidad de suelos en al menos un paisaje africano (Guéi & Tondoh 2012).

Los avances en el desarrollo de indicadores comprobados y de costo bajo, se compensa por un tremendo aumento en el abuso del concepto “indicador”, es decir la aplicación indiscriminada y hasta deshonesto del término a las especies “carismáticas” o de otra manera objetos directos de la conservación... o simplemente de interés al investigador particular y los donantes (pp. 127 – 131 del **texto original**, las citas de la nota 6, pp. 233 y Dale & Beyeler 2001). Los yaguaretés (jaguares, jaguares) u otros felinos, el oso de anteojos (oso

andino), los flamencos, los cóndores andinos u otras aves rapaces y con pocas excepciones los vertebrados terrestres como un todo no cumplen con los criterios de indicadores (ver Collins & Crump 2009). Son especies o grupos *objetivos*, lo que de ninguna manera disminuye la urgencia de conservarlos.

A veces la tergiversación de especies o grupos objetivo como “indicadores” es una equivocación inconsciente, aunque eso es un poco difícil de creer dada la abundancia de publicaciones que advierten de aquella equivocación y detallan las consignas para seleccionar indicadores verdaderos. Pero sea consciente o sea inconsciente la tergiversación no sólo es desafortunada sino también es muy poco ética. A menudo el propósito implícito o explícito de la tergiversación, en particular la presentación de especies muy carismáticas (el yaguareté es el caso clásico) como indicadores, es el puro “capitalismo conservacionista” de ganar publicidad y atraer a donantes y donaciones. A nuestro parecer y al parecer de muchos otros preocupados por la falta de ética en la política de la conservación, etiquetar objetivos como “indicadores” es menos ético todavía que comparar una concesión de bosque talada en la Mata Atlántica de Brasil con una zona de bosque sin tala en el bosque altoandino del Ecuador y titular el siguiente artículo en la revista *Nature* “El efecto de la tala de bosque sobre la fauna sudamericana” (ver el capítulo 5.4). Esperamos que, habiendo sobrevivido a los capítulos anteriores (en particular el 5.4), usted sea ético en éste sentido además de los otros ya discutidos, por ejemplo en el anexo 5.II.

Equipo: Guardaparques del Parque Nacional Bahuaja Sonene (PINBS)

Observación: Se observa que el río principal de la cuenca del Tambopata el cual ingresa al PINBS tiene poblaciones humanas asentadas en sus márgenes así como en las márgenes de sus afluentes en el Alto Tambopata.

Concepto de Fondo: Por lo general las poblaciones humanas asentadas en las márgenes de los ríos, riachuelos, lagunas etc. desarrollan diferentes actividades que deterioran la calidad del agua, lo que afecta a las poblaciones de invertebrados bentónicos.

Inquietud Particular: ¿Será que las actividades desarrolladas por las poblaciones humanas asentadas en el Alto Tambopata alteran la calidad del agua, lo cual es mostrada por la presencia de invertebrados bentónicos?

Pregunta: Entre los años 2014-2017 en ríos y riachuelos del Alto Tambopata ¿cómo varía la calidad del agua (Índice EPT), entre quebradas afectadas por actividades humanas y quebradas no afectadas por actividades humanas a 750 msnm?

Figura 5.8.1 Una Pregunta de trabajo planteada por guardaparques peruanos (2013), enfocada en el monitoreo de la calidad de las aguas mediante el índice EPT. La Pregunta condujo a un diseño superlativo.

CAPÍTULO 9. DIVERSIDAD DE ESPECIES: FÁCIL DE CUANTIFICAR, PERO, ¿QUÉ SIGNIFICA?

RESUMEN

¡Finalmente el capítulo 9 del **texto original** define los términos sueltos “diversidad y abundancia”, “composición de especies” y otros que están dando vueltas desde el capítulo 3! Además presenta un ejemplo de conteos de ejemplares de plantas, especie por especie, en el muestreo de tres hábitats (tabla 9.1, pp. 148). Esa tabla es la base para la discusión de los índices más difundidos para resumir la información: el simple número o riqueza de especies, S , y uno u otro de dos índices (entre un gran número de alternativas) que incorporan no sólo S sino también la abundancia relativa (“equitatividad”) de las especies. Los últimos son el índice de Shannon (o Shannon-Weaver o Shannon-Wiener, dependiendo del autor) y el índice de Simpson invertido (¡pobre Bart!). Al ingresar los conteos de la tabla 9.1 o de cualquier otra lista de especies y sus abundancias en las fórmulas matemáticas sencillas de estos u otros índices, sale un solo valor ¡hasta decimales! Es un dato de intervalo (paso 9 del proceso de diseño, capítulo 5.4). ¡Guau! ¡De repente los ecólogos y conservacionistas hemos solucionado el desafío de “medir” la diversidad y abundancia de especies (pasos 9 y 17 del proceso de diseño)! ¡Disponemos de una herramienta poderosa para tomar decisiones sobre cuáles áreas conservar según su diversidad de grupos de especies objetivo (capítulo 8)! ¡Disponemos de una herramienta poderosa para diagnosticar la salud del ecosistema o conservar paisajes según su diversidad de grupos indicadores (capítulo 8, y ver Battisti & Contoli 2011)!

La mayoría del capítulo 9 del **texto original** consiste en una crítica fuerte del uso universal, ciego e ingenuo de los índices. Realmente no nos dicen nada de lo que queramos saber respecto a la conservación o la ecología básica (ver también Magnusson 2002), con la excepción de unas ramas muy particulares de la ecología de ecosistemas. Es más, el investigador con intenciones deshonestas

puede tergiversar la diversidad verdadera jugando con la base logarítmica del índice más usado, el de Shannon. El ambientalista que quiere que su lugar favorito resulte el protegido por el estado (aunque sea al costo de no proteger otros lugares realmente más diversos), al cambiar de base de logaritmos puede “mostrar” una mayor diversidad en su lugar que en los demás. El integrante del equipo de estudios de impactos ambientales empleado por la minera o petrolera, al cambiar de base de logaritmos puede “mostrar” fácilmente que la mina o pozo de petróleo no está bajando sino que está subiendo la diversidad de especies. ¿Usted dice “pero eso es una exageración, ¡los biólogos nunca somos tan deshonestos!”? ¡Ja! ¡No sea tonto! Dos profesores de una materia sobre los estudios de impacto ambiental, en la facultad de Manejo de Recursos Naturales de una universidad sudamericana destacada, afirman abiertamente a sus estudiantes que “no es ético conseguir un resultado que no le complazca a la empresa que te ha contratado”. Sin más comentarios. Además ¿no nos importan *quiénes* son las especies? Esa información se pierde en el cálculo de cualquier índice. El valor alto de un índice puede ser el resultado de la presencia de un gran número de especies exóticas, como se muestra en la tabla 9.1 (también pp. 154-155). Tanto a los ecólogos básicos como a los metidos en la conservación, *sí casi siempre nos importa quiénes son las especies, cuyas identidades se borran al calcular un índice.*

Una solución al dilema es presentar los datos de manera muy visual y algo resumida, un gráfico de abundancias relativas (o, de *rango abundancia*, el término usado en este Suplemento). La altura del punto en el gráfico que representa una especie determinada, y etiquetada, indica su abundancia respecto a la de las demás especies. En el **texto original** el cálculo sugerido de “abundancia relativa” fue el logaritmo de la proporción de los ejemplares que pertenecen a aquella especie, o “ $\log p_i$ ” (ver figura 9.1, pp.157).

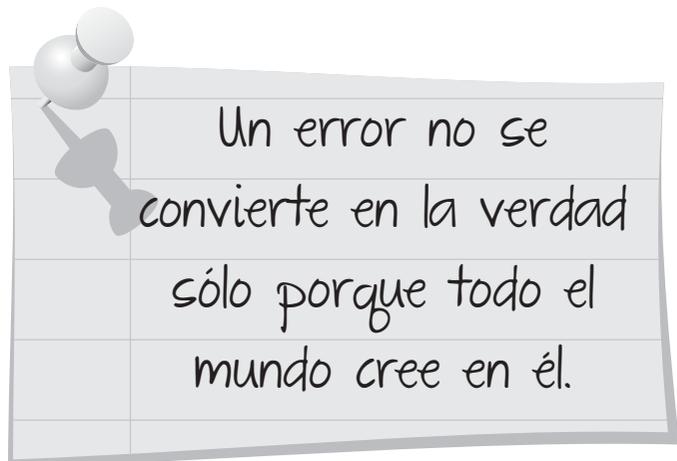
El capítulo 9 termina hablando de otro aspecto de la diversidad de especies, no la que conviven en un mismo hábitat (“la diversidad α ”) ni la del paisaje grande como un todo (“la diversidad γ ”) sino la tasa de recambio de especies entre hábitat y hábitat dentro de aquel paisaje grande (“la diversidad β ”). Recalca la importancia de considerar la diversidad β , no sólo la α , en la conservación y el manejo, y presenta la manera más directa y confiable de calcular la diversidad β entre un par de hábitats: la disimilitud proporcional (“complementariedad”) DP . DP es el complemento de la similitud proporcional o SP , una manera sumamente útil de cuantificar la similitud en la composición de especies entre dos muestras; es decir, $DP = (1 - SP)$. También DP es la base de los cálculos de muchas aproximaciones de la estadística multivariable (capítulos 4 y 5.4).

CAMBIA, TODO CAMBIA... Y UN TEMA NO ABORDADO ANTES

El desarrollo del concepto, cálculo y significado de la diversidad β sola o según la “repartición de la diversidad γ ”, y su aplicación a la conservación y el manejo están en aumento (por ejemplo Arellano & Halffter 2003, Halffter & Moreno 2005, Legendre *et al.* 2005, Pereyra & Moreno 2013). En la ecología básica, Kattan *et al.* (2006) aplicaron las técnicas de repartición de la diversidad a las aves de la Cordillera Central de Colombia, mientras que Rodríguez & Ojeda (2011) las aplicaron a los pequeños mamíferos de la formación vegetal del monte argentino.

Sin embargo, la inmensa mayoría de tesis, trabajos publicados e informes sobre la “biodiversidad”, sean enfocados en la ecología básica o en el manejo y la conservación, tratan de la diversidad α . Unos pocos presentan los resultados mediante curvas de rango abundancia (por ejemplo Andresen 2005, Piñeda *et al.* 2005, Vidaurre *et al.* 2006, Tálamo *et al.* 2009, Rodríguez & Ojeda 2011) pero como usted verá más adelante no se suele presentar las curvas debidamente. Y la inmensa mayoría de los trabajos sobre la “biodiversidad”, hasta trabajos con indicadores que consisten en propiedades físicas, químicas o bioquímicas, siguen presentando la diversidad mediante los índices y el de elección sigue siendo el mismo bendito índice de Shannon.

Una cita de Gandhi cabe muy bien aquí:



Estas preocupaciones y otras nos condujeron, unos años atrás, a repensar todo el acercamiento de “la (α) diversidad de especies” en relación con el proceso de diseño (capítulos 4 y 5.4) y su meta: la búsqueda de la lectura más fiel de lo que queremos saber. Tiene todo que ver con la naturaleza de los datos a la base de la diversidad biológica (capítulo 5.4, paso 9), la importancia de guardar un dato por cada unidad de respuesta (capítulo 5.5) y, en diseños con submuestreo, la diferencia fundamental entre un dato básico y las variadas alternativas de datos derivados (pasos 9 y 12, capítulo 5.4, y capítulo 5.5). Aquí va.

► El fondo

Las Preguntas de “¿Cómo varía la diversidad (y/o la abundancia, la composición) de especies del grupo XXX entre (los casos de) un nivel del factor de diseño y (los de) otro nivel?” y sus variantes, se basan implícitamente en la idea de que se puede dar a cada especie alguna medida de su “importancia” en cada nivel (niveles segregados, ver la tabla 9.1 y abajo) o en cada caso (ver abajo). La importancia variará desde 0 (si no se encuentra... ¡obvio!) hasta un valor alto según la escala empleada. Sin embargo, casi todos los estudios sobre la diversidad adoptan el formato de redacción antes mencionado, que no permite reconocer de manera explícita la variable de respuesta. Le preguntamos: ¿podemos llegar a una unidad de respuesta de un nivel y medir, o sea tomar directamente el dato de, “la diversidad” (entiéndase también abundancia, composición de especies y otras variantes)? Seguramente no. Existe un dato

más básico que nos permite llegar a ese concepto bien sintético de “la diversidad”. Ese dato es *la identidad del ejemplar*.

► **Las identidades de los ejemplares individuales, y temas semejantes**

Si los seres vivos u otras entidades cuya diversidad queremos resumir se encuentran como individuos bien distintos entre sí y de más o menos un mismo porte, la “importancia” de la especie se presenta mediante o el conteo absoluto de ejemplares o su frecuencia relativa a las demás especies. Por ejemplo, en estudios de la diversidad de especies de árboles, ciertos arbustos, unas herbáceas y otras formas de vida de plantas, semillas, los invertebrados terrestres y de agua dulce, unos invertebrados marinos y los vertebrados, se puede calcular la “importancia” de la especie calculando p_i , que representa la proporción de todos los ejemplares muestreados que pertenecen a la especie i . En estos estudios, independientemente del concepto que usted quiera estudiar (entiéndase: “la diversidad”, “la diversidad y abundancia”, “la diversidad y composición”), al inicio debemos empezar por revisar los ejemplares muestreados de seres vivos, uno por uno. Es decir, no saltamos directamente a una síntesis de “la diversidad de especies” sea esa un índice o sea otra representación. Primero debemos definir cuáles especies están y cuántos ejemplares se encuentran de cada una.

La investigadora que tomó los datos de la tabla 9.1 del **texto original** no armó aquella tabla de golpe. Ella llegó a los sitios 1, 2 y 3 uno por uno. Y al llegar a un sitio dado, por ejemplo el 3, tampoco podía llenar la cuarta columna de la tabla 9.1 de golpe sino tuvo que pasar algún tiempo recorriendo el sitio y buscando plantas. Al encontrar una planta registró su identidad, pasó a la próxima planta en su muestreo y registró su identidad y así sucesivamente. Es decir, le dio a cada ejemplar un *dato nominal* (capítulo 5.4, paso 9), que es el nombre de la especie a que pertenecía. Aunque no se diera cuenta, realmente la investigadora armó un cuadro completo “virtual” de todos los datos nominales: un dato básico por ejemplar. Su cuadro “virtual” habría tenido *una*

fila por ejemplar y dos columnas: *la designación del ejemplar particular desde el primero hasta el último, y el correspondiente dato nominal que se “midió” en aquel ejemplar: su identidad específica*. Por ejemplo:

Cuadro completo “virtual”

Ejemplar (desde el 1 ^o encontrado hasta el último)	Dato básico (identidad específica)
1	A
2	G
3	B
4	A
5	F
6	B
7	A
8	C
9	C
10	E
11	A
12	D
13	B
14	A
15	A
16	G
17	A
18	C
19	B
20	A

El pequeño detalle, y la razón de casi nunca armar tal cuadro completo en la práctica, es que la muestra suele consistir en cientos o miles de ejemplares, como los 356 del sitio 3 de la tabla 9.1 y no sólo 20 ejemplares como en el ejemplo anterior. Si hubiera una fila por cada ejemplar en el sitio 3 de la tabla 9.1, el cuadro completo habría sido muy largo, tedioso y difícil de manejar... y además habría gastado muchas páginas del **texto original**.

Si los datos básicos fueran de intervalo, la investigadora estaría consciente de la necesidad de empezar por armar un cuadro verdadero, no virtual, en que se anote el valor posiblemente único (hasta

decimales) asociado con cada ejemplar. Pero aquí los datos son nominales, y como se ve en el cuadro “virtual” de arriba *muchos ejemplares presentan un mismo dato básico*, es decir habrá muchos “datos empataados” porque casi sin excepción la muestra incluirá unos o muchos ejemplares que compartan una misma identidad (es decir, que pertenezcan a una misma especie). Por ende, al momento de registrar la identidad del ejemplar dado la investigadora ya toma inconscientemente un atajo: no arma el cuadro completo sino lo deja “virtual” y en su libreta de campo ya resume los datos en un cuadro “colapsado”, como son los datos de la tabla 9.1. *Una fila determinada de la tabla 9.1 o la hoja de datos en la libreta de campo ya no representa un ejemplar particular* y su dato básico particular sino representa una *clase de datos* nominales y el conteo de ejemplares con datos empataados. La investigadora simplemente arma una lista de las especies (los diferentes “valores” o clases de datos nominales) y hace un “tic” por cada ejemplar en la fila de la especie que le corresponde. Luego ella cuenta los “tics” por fila y presenta explícitamente el conteo de todos los ejemplares que pertenecen a aquella clase, la especie particular (por supuesto el conteo puede ser de 1).

El siguiente cuadro “colapsado” presenta los mismos datos del cuadro completo “virtual” de arriba. Es mucho más eficiente, pero *no olvide que ya es un atajo*.

Cuadro colapsado

Clase (especie)	Nº de ejemplares
A	//////// = 8
B	//// = 4
C	/// = 3
D	/ = 1
E	/ = 1
F	/ = 1
G	// = 2

¿Reconoce esa forma de cuadro? Es muy probable que usted haya armado uno o muchos así, o en hojas de dato o en la computadora. Ahora el cuadro

da la impresión de que los datos son ordinales, no nominales. Sin embargo, *no debemos olvidar el hecho imprescindible de que el cuadro colapsado ya es un resumen de los verdaderos datos originales: cada “tic” representa un diferente dato básico, es decir el dato nominal (aquí la identidad específica) de cada ejemplar*. ¿Por qué es importante reconocer que el dato básico de este tipo de Preguntas es uno nominal (la identidad)? Porque según la Pregunta, más adelante usted verá que *el dato básico (la identidad específica) o ya caracteriza la unidad de respuesta (caso) como un todo, o caracteriza una de las muchas unidades de evaluación (submuestras) dentro de un mismo caso y debe llevar a un dato derivado (capítulo 5.5) para caracterizar el caso como un todo*. Sin embargo, en ambas situaciones suele suceder que *el investigador piensa inconscientemente en los dato ordinales, los de la tabla ya resumida, como si fueran los datos básicos y resume estos por cálculos y transformaciones que obvian o distorsionan el significado e importancia del dato básico verdadero: la identidad específica del ejemplar*.

A continuación veamos un ejemplo, empezando por una Pregunta redactada en el lenguaje “de siempre” (¡hasta ahora!):

1. ¿Cómo varía la diversidad y composición de especies de árboles, entre *este bosque siempreverde* y *aquel bosque semicaducifolio*?

Según lo analizado en el paso 8 del capítulo 5.4, reconocemos que esta Pregunta llevaría a un diseño de niveles segregados ya que habla de un solo bosque siempreverde en un lugar determinado con sus características particulares, y un solo bosque semicaducifolio en otro lugar determinado con sus características particulares. No hay manera de entremezclar ambos ambientes. También reconocemos que la Pregunta no cumple con los pasos 6 y 7 del proceso de diseño (capítulo 5.4). ¿Dónde están los casos? ¿Dónde están las “s” en la Pregunta? ¿Qué estamos midiendo? ¿Cuál es la variable de respuesta? ¿La diversidad y composición de especies, medidas de una vez? ¿Los dos bosques son los casos, y lo que medimos por bosque es su

diversidad y composición de especies? ¡No! Hay que reformular la Pregunta para que presente casos y para que muestre la verdadera variable de respuesta. Entonces debería ser:

1. (ajustada) ¿Cómo varían las **identidades de árboles**, entre **los árboles de este bosque siempreverde** y **los de aquel bosque semicaducifolio**?

¡Ahora sí! El caso es un árbol, sea del bosque siempreverde o sea del bosque semicaducifolio. Es un caso natural. El factor de diseño es, árboles en diferentes tipos de bosque. Sus niveles son árboles en el bosque siempreverde determinado y árboles en el bosque semicaducifolio determinado, ¿verdad? Al llegar al caso ¿qué se mide? Su identidad, el dato básico. ¿Cuál es la unidad de evaluación? El árbol *en el momento de encontrarse*, una unidad de evaluación natural (aunque tanta precisión es innecesaria con un árbol, ya que es poco probable que la identidad cambie a lo largo de su vida ¡ja!). ¿Hay que submuestrear? ¡No! Llegamos a un caso, el árbol, y rápidamente se puede “medir” la identidad específica del mismo. Afortunadamente esa no cambia entre sus raíces y su copa (descontando muérdagos ¡ja!), así que no hay que submuestrearlo. Por ende *no hay un dato derivado*.

Tanto como la plantóloga tomando los datos que resultaron en la tabla 9.1, este investigador forestal llega a caso (árbol) tras caso, registrando el dato básico (la identidad) de cada uno. Tanto como ella, aunque no se dé cuenta de esto está armando un cuadro completo “virtual”, una fila por árbol. Tanto como ella, conscientemente sí arma un cuadro colapsado, una fila por especies, y hace un “tic” por cada ejemplar de esa especie que encuentra. Al terminar suma los “tics” y redacta una tabla semejante a la 9.1, que como hemos planteado ya es un resumen de la información original de la tabla “virtual”.

Sin embargo, el investigador forestal no se conforma con sólo presentar la tabla colapsada. Generalmente desea presentar los resultados de una manera más ilustrativa que una tabla grande con

muchos nombres científicos y números dispersos. Entonces ¿resumirá los datos a través de cada uno de los dos niveles (bosques), mediante el cálculo de un índice Shannon u otro? ¡NO por favor! *Así se perdería toda la información requerida para contestar la Pregunta en cualquier de sus dos formulaciones: los nombres y las “importancias” de cada una de las especies de esos dos bosques*. El índice Shannon o el simple conteo de especies (S) ni siquiera puede llamarse “dato derivado” ya que sólo resume excesivamente los casos de un nivel como un todo (¡no las submuestras de un mismo caso! el propósito de un dato derivado auténtico). Así se pierde por completo la variación intrínseca, aquí de la identidad específica, entre los casos de un mismo nivel. ¿Existe alguna manera más amigable de presentar la información sin borrar el dato que caracteriza cada uno de los casos? ¡SI, mediante curvas de rango abundancia! No pierden ninguna información y llevan a interpretaciones útiles e importantes. La figura 5.9.1 presenta curvas obtenidas según el paso 18, para una Pregunta análoga a esta Pregunta 1 ajustada pero sobre plantas herbáceas en una pendiente y las en el fondo de la quebrada, en lugar de árboles en un bosque siempreverde y otro caducifolio.

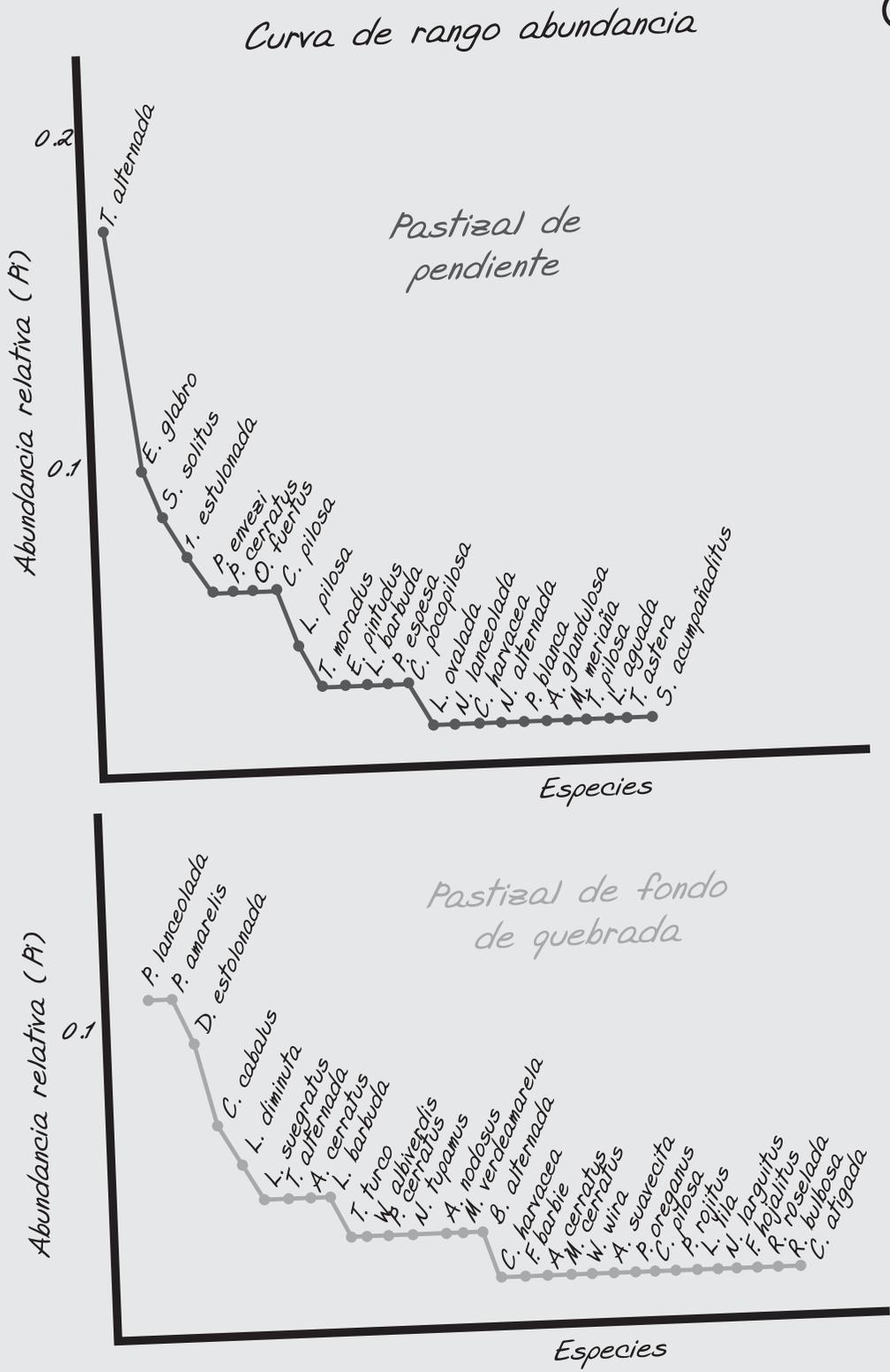


Figura 5.9.1 Gráficos de rango abundancia según la Pregunta, “En la quebrada Río Seco (Santa Cruz, Bolivia), en el día 11 de octubre del 2012 ¿cómo varían las identidades de las plantas herbáceas no gramíneas, entre las encontradas en el pastizal de pendiente y las encontradas en el pastizal de fondo de quebrada?” Los valores graficados de importancia son de p_i , no $\log p_i$.

La decisión de redactar la curva de rango abundancia *no debe ocultar el diseño verdadero*: en esta Pregunta 1 la unidad de respuesta (el caso) es *un árbol*, y la variable de respuesta es *su identidad*. Pero en este gráfico de rango abundancia no se percibe a simple vista, un dato por cada unidad de respuesta o caso (el árbol). La cifra que sí se ve es la que señala la importancia de cada clase (especie) y esa cifra puede incluir muchas unidades de respuesta independientes: los árboles con datos empatados. Esto quiere decir que aunque no se ha perdido ninguna información, en este ejemplo el gráfico de rango abundancia es un gráfico sintético, resumiendo de manera compacta la información a través de todos los casos (árboles) de un mismo nivel.

Un punto clave para cualquier investigación sobre la diversidad de especies es que si el investigador forestal con la Pregunta 1 quiere alcanzar una lectura fiel de lo que quería saber según su Pregunta, debe seguir muestreando los árboles de cada bosque hasta que la curva de acumulación de especies llegue a una asíntota (ver Jiménez-Valverde & Hortal 2003) y, mejor todavía, *hasta que en la “cola” de la curva queden pocas o ningunas especies que tengan ≤ 4 ejemplares*. Así la variación entre los valores o “importancias” (abundancias relativas) en la cola de la curva tendrá algún significado biológico.

Finalmente cabe recalcar que la Pregunta 1 ajustada, que habla de las identidades como la variable de respuesta o dato básico, es la verdadera Pregunta de trabajo que lo conduce al acercamiento de la diversidad de especies siguiendo los elementos y pasos del diseño que se han presentado en este Suplemento (capítulos 3 – 5). Sin embargo, a menos que sus compañeros, tutores, revisores y editores sean “ex víctimas” de un curso de ese estilo o lectores de este Suplemento, es lógico que no entenderán muy bien el concepto de las “¿identidades?!” Lamentablemente, para que le entiendan es probable que usted tenga que presentar la Pregunta según su formulación original, que es lo que tradicionalmente se hace. Luego le tocará explicarles por qué resumió los datos mediante curvas de rango abundancia en lugar de los cálculos de H' o S . ¡Suerte!

Ahora saltemos en escala, de manera semejante al cambio de escala entre las dos Preguntas sobre el daño hecho a las hojas de los pomelos de la Colonia Primavera (capítulo 5.4, paso 12 y capítulo 5.5). Consideremos la siguiente Pregunta –análoga a la segunda Pregunta sobre los pomelos- al inicio redactada en el lenguaje “de siempre”:

2. A través del paisaje de (lugar) ¿cómo varía la diversidad y composición de especies de árboles entre *parches aislados* de bosque siempreverde y *parches aislados* de bosque semicaducifolio?

¿Cuál es el factor de diseño? Ahora sí es obvio: *parches aislados de bosque de diferentes formaciones vegetales*. ¿Cuáles son los niveles? *Parches aislados de bosque siempreverde y parches aislados de bosque semicaducifolio*. ¿Cómo es un caso (unidad de respuesta)? *Un parche aislado de bosque*. Los niveles pueden y deberían estar entremezclados. Hasta aquí la Pregunta está ajustada según los pasos 4-7 del proceso de diseño (capítulo 5.4), ¿verdad? Y le toca al forestal seleccionar los parches según el paso 8. Pero... ¿cuál es la variable de respuesta? ¿El investigador forestal ya puede medir directamente “la diversidad y composición de especies”? No, claramente será un dato derivado, o más de uno. Primero tendrá que tomar un dato mucho más básico: la identidad de un árbol. Entonces debe ajustar la Pregunta de trabajo:

2. (ajustada) A través del paisaje de (lugar) ¿cómo varían *las identidades de los árboles*, entre *parches aislados de bosque siempreverde* y *parches aislados de bosque semicaducifolio*?

¡Ahora sí! No sólo están claros el factor de diseño, sus niveles y los casos o unidades de respuesta (*parches aislados de bosque*) sino también están claros los datos básicos: *las identidades de los árboles*. Y ¿cómo es *la unidad de evaluación*? Como antes, es *un árbol* (en el momento de encontrarse). ¿Hay que submuestrear? ¡Seguramente! ¡Un solo árbol no le da al investigador forestal, una lectura adecuada de todas las especies que se encontrarían en el caso (el parche aislado de bosque) como un todo! Si no submuestra ¡pensará que cada

parche es monoespecífico! Obviamente tendrá que submuestrear mucho, es decir alcanzar un número grande de árboles, para poder conseguir una lectura fiel de las identidades de ellos a través de una misma unidad de respuesta, un parche aislado. Luego, de ese conjunto de datos básicos sí podrá sacar el dato derivado que mejor representa la diversidad, abundancia y/o composición de sus especies (ver los pasos 9, 11 y 12 del capítulo 5.4 y el capítulo 5.5).

Pero ¿cuáles serán las alternativas de datos derivados con que el investigador forestal puede caracterizar cada parche aislado de bosque (la unidad de respuesta o caso) como un todo (capítulo 5.5) respecto a las identidades de sus árboles? Al fin y al cabo, según la Pregunta 2 cada árbol es una submuestra, y el objetivo de submuestrear es conseguir un dato derivado confiable para caracterizar el caso. Con datos nominales ¿puede calcular un valor ordinal o de intervalo, como uno de la tendencia central o el grado de dispersión (capítulo 5.5)? O ¿puede calcular varios valores cada uno con otro significado biológico, análogo a los cálculos de la frecuencia, intensidad en promedio y grado de variabilidad de intensidad con que caracterizamos las hojas de una capa de los pomelos (capítulo 5.5)? ¡Ajá! ¡A simple vista parece que sí! ¡Desde hace algo más de medio siglo muchos investigadores han resuelto el mismo dilema de contestar preguntas semejantes a la primera versión de la Pregunta 2 por caracterizar cada parche de bosque u otra muestra de la vegetación, aves, peces marinos, pequeños mamíferos, reptiles, anfibios, hongos, líquenes y mucho más, mediante un solo dato derivado que resume la diversidad de especies! ¡Decenas de miles de artículos, tesis e informes (si no son cientos de miles o > un millón) ya muestran la solución! ¡El investigador forestal puede caracterizar cada parche por un solo dato derivado, o varios si quiere: el índice de Shannon, el de Simpson invertido y/o el simple S! ¿Sí? ¡NO!

Por razones ya bien discutidas en el capítulo 9, este 5.9 y el anexo I los índices a la diversidad de especies son los ejemplos más notorios de la “cuantificación falsa” y engañosa. No contestan ni la Pregunta 2 original ni la que ajustamos para

cumplir con las consignas de este Suplemento. Para contestar la Pregunta 2 u otras semejantes, se debe caracterizar cada parche de bosque (unidad de respuesta) en cuanto a *las identidades específicas en sí de sus árboles*, es decir un gráfico de rango abundancia particular a ese caso. Aquí el gráfico es un “dato derivado” en el sentido más amplio. Para esta situación única de datos básicos que son nominales (la diversidad, composición y/o abundancia de especies), cumple la misma función como una mediana de datos ordinales o un promedio de datos de intervalo: resume dichos datos básicos de una vez, aquí un grafiquito en lugar de un valor. Por lo tanto, el análisis y presentación de los datos según la Pregunta 2 ajustada debe consistir en un gráfico de rango abundancia para cada uno de los parches aislados de bosque siempreverde y para cada uno de los de bosque semicaducifolio. Si $n = 17$ para ambos niveles habrá 34 gráficos. Si el investigador forestal logró realizar un diseño en bloques, dibujará los gráficos por pares según el bloque. Si realizó un diseño aleatorio, en su figura separará los gráficos de parches aislados de bosque siempreverde de los de parches aislados de bosque semicaducifolio. Así la Pregunta 2 ajustada, y la Pregunta 2 en su forma original, están contestadas. La figura 5.4.6 mostró un ejemplo muy semejante, del paso 17 del diseño de una indagación donde los casos eran parches de bosque.

Con una curva de rango abundancia para cada parche de bosque (unidad de respuesta), el investigador forestal tiene toda la información necesaria para sacar otros datos más derivados todavía (por ejemplo el índice Shannon, el de Simpson invertido o el simple S) si quiere seguir caracterizando su parche de bosque como un todo. Pero ¡ojo! Recalcamos que ninguno de aquellos valores únicos puede hablar de la *composición* de especies, si ese concepto le interesa y estaba en su Pregunta de trabajo o si estaba incluido en su definición de “diversidad”, ni mencionar las demás críticas fuertes de ellos (capítulo 9, el Resumen de este 5.9 y el anexo I). Ojalá que el investigador trabaje con la Pregunta 2 ajustada. Otra vez es posible que sus compañeros, tutores, revisores y editores no lo entiendan, así que quizás tendrá que presentarla

públicamente sin el ajuste. Sin embargo no debería olvidar que su Pregunta de trabajo verdadera es la ajustada y que el dato derivado netamente válido, para caracterizar cada parche de bosque como un todo, es el gráfico de rango abundancia. No existe ninguna necesidad de que el investigador forestal calcule un índice. Siendo inteligente, podrá interpretar el conjunto entero de gráficos cualitativa y cuantitativamente, empezando por analizar si la variación de las curvas de rango abundancia entre los parches de los diferentes niveles (en particular, el recambio de sus especies particulares y los cambios en sus importancias relativas) supera llamativamente la variación entre los parches de un mismo nivel (ver la discusión de las fuentes de variación entre dato y dato en el capítulo 4 y el 5.4).

Resumamos lo anterior. En la Pregunta 1, comparando los árboles de sólo un parche determinado de bosque siempreverde y los de sólo un determinado bosque caducifolio el investigador forestal podía mostrar todos los datos mediante sólo dos gráficos de rango abundancia, uno por nivel. No funcionaron como datos derivados según la definición (cuadro 5.4.1) sino como maneras de presentar el dato (la identidad) de cada uno de los casos de cada nivel. En cambio, para contestar su Pregunta 2 donde ahora el árbol ya no es el caso sino que es la submuestra, debe presentar un gráfico distinto para caracterizar cada uno de los n casos por nivel (ver la figura 5.4.6). Ahora sí, los gráficos funcionan como datos derivados. Y no debería pretender resumir más la información a través de los casos, por ejemplo mediante un promedio o sumatoria de los diferentes gráficos de un mismo nivel, bosques siempreverde como un todo y bosques caducifolios como un todo. Eso sería lastimarse gravemente con el primer serrucho de la figura 5.5.1. Para que usted entienda bien el significado de ese punto, veamos ahora un ejemplo análogo del dilema de resumir información sin resumirla excesivamente.

► Salto a la estructura de poblaciones

Hay una clase de Conceptos de Fondo, Inquietudes Particulares y Preguntas que no se ha

discutido ni en el **texto original** ni en este Suplemento hasta el momento. No trata sobre la diversidad de especies sino sobre... la *estructura de población dentro de una misma especie*. Esta suele presentarse mediante un gráfico de barras, las que representan el número de ejemplares por cada clase de edad o tamaño sucesivamente, desde la clase de los recién nacidos o germinados hasta la de los más ancianos o grandes. Aparte de ser un tema central de la demografía humana desde el siglo XVIII y la ecología básica de poblaciones de otros animales y plantas desde principios del siglo XX, el tema ha estado a la base del manejo de fauna desde sus inicios. Durante las últimas décadas ha sido trascendental para la conservación de especies en peligro o, por otro lado, el monitoreo de especies invasoras. ¿Por qué? Porque la estructura de edades o tamaños en la población indica directamente su destino (en aumento, en decremento, o estable) y su historia. Precisa las clases de edad que presentan menos, o más, ejemplares que lo esperado (a menudo el resultado de alguna mortalidad excesiva o alguna natalidad excesiva, respectivamente, en un momento del pasado), entre muchos otros aspectos.

Reflexione sobre las siguientes Preguntas bastante típicas, que hablan del posible efecto de perturbaciones llamativas sobre la estructura de poblaciones y sus destinos:

3. En la Bahía (nombre) ¿cómo varía la estructura de población del pez *Bocallenedientes afladus*, entre *este arrecife* de coral dinamitado hace 2 años atrás y *aquel arrecife* no dinamitado?
4. En la Bahía (nombre) ¿cómo varía la estructura de población del pez *Bocallenedientes afladus*, entre *arrecifes* coralinos dinamitados hace 2 años atrás y *arrecifes* no dinamitados?

Claramente la Pregunta 3 llevaría a un diseño de niveles segregados (según esa redacción, un arrecife dinamitado y otro no) y la Pregunta 4 podría llevar a un diseño con niveles entremezclados (arrecifes dinamitados y arrecifes no). Son análogas a las Preguntas 1 y 2 sobre los bosques siempreverdes y semicaducifolios, con un cambio notorio de

escala entre una y otra. Y nuevamente es necesario ajustar las mismas para que cumplan con los pasos 6 y 7 del proceso de diseño, o sea que muestren explícitamente los casos. Además se debe ajustar la variable de respuesta (paso 9, capítulo 5.4). Estos ajustes llevan a:

3. (ajustada) En la Bahía (nombre) ¿cómo varían *las edades* (o, tamaños) de los *Bocallenedientes afiladus*, entre *los ejemplares de este arrecife de coral dinamitado* hace 2 años atrás y *aquellos del arrecife no dinamitado*?
4. (ajustada) En la Bahía (nombre) ¿cómo varían *las edades* (o, tamaños) de los *Bocallenedientes afiladus*, entre los arrecifes coralinos dinamitados hace 2 años atrás y los arrecifes coralinos no dinamitados?

¡Ahora sí! Ambas Preguntas muestran explícitamente sus casos (unidades de respuesta). En la Pregunta 3 son los ejemplares de *B. afiladus* de un arrecife y los del otro, un diseño de niveles segregados. En la 4 son arrecifes coralinos dinamitados o arrecifes no dinamitados, llevando a un diseño de niveles entremezclados si todos los primeros no están en un solo lado de la bahía y todos los últimos en otro. ¡Listo! Le pedimos que plantee el factor de diseño y los niveles para cada Pregunta, la 3 y la 4, pero le ayudamos con los pasos 9 y 11 (capítulo 5.4). El dato básico para ambas Preguntas es la edad (o tamaño) del pez. La unidad de evaluación, una natural, es el pez en ese momento. ¿Verdad? Por contraste con los árboles, en esos estudios sí es importante recalcar que la unidad de evaluación es *el pez en ese momento*, ya que un mismo caso, el pez (tanto como un árbol, en un estudio análogo), sí cambia de edad y tamaño.

En ambas indagaciones marinas, 3 y 4, el investigador buceador llega a un arrecife de coral, mide lo que está midiendo a través de los peces y sigue a otro arrecife. Su procedimiento al llegar a un arrecife particular se parece al procedimiento del forestal llegando al parche de bosque de un tipo u otro: procede pez por pez, examinando cada uno a la vez y registrando el dato. Pero el dato registrado

por nuestro buceador ya no es la identidad (un dato nominal) sino es la clase de edad o tamaño a que el pez pertenece. Es un *dato ordinal*. Un mismo arrecife hospedará muchos peces que pertenecen a una misma clase de edad o tamaño, es decir hospedará muchos peces con datos empatados.

Nuevamente, al llegar al arrecife determinado el investigador buceador arma inconscientemente un cuadro completo “virtual” análogo a los cuadros completos “virtuales” de identidades de ejemplares armados inconscientemente por la plantóloga de la tabla 9.1 y el investigador forestal. Cada pez que él encuentra llevaría a su propia fila en el cuadro “virtual”, donde se ingresaría su dato básico de edad o tamaño. Sin embargo, el investigador buceador también suele tomar el atajo. Arma directa y conscientemente el cuadro ya colapsado donde cada fila es una *clase* de edad o tamaño. Para cada pez encontrado simplemente marca un “tic” en la fila de la clase a que pertenece. El cuadro ya resumido lleva directamente al producto final, el gráfico de barras donde el eje X representa las sucesivas clases de edad (o tamaño) y el eje Y resume el número de ejemplares en aquella clase. ¿Ha visto, o armado, tales gráficos?

Ahora recalquemos la diferencia llamativa en escala entre las dos Preguntas marinas. En la Pregunta 3 el investigador buceador llega a cada caso o unidad de respuesta, un pez, y anota su clase de edad o tamaño en ese momento. No necesita submuestrear. Queda con el dato básico. No hay un derivado. Se parece mucho a la Pregunta 1 sobre los árboles ¿no? En lugar de árboles, trabaja con peces. En lugar de la identidad específica, registra la edad o tamaño. En lugar de dos gráficos de rango abundancia que antes resumieron los datos de cada uno de los casos de los dos niveles segregados (dos bosques) sin perder información, el buceador arma dos gráficos de barras que ahora resumen los datos de cada uno de los muchos casos de sus dos niveles segregados (dos arrecifes) sin perder información. *Pero estos gráficos de barras no tiene nada que ver con los que conocimos mucho antes, por ejemplo la figura 5.5A.1 sobre la compactación de suelos.* En la figura 5.5A.1 cada barra representó una sola unidad

de respuesta (caso). Aquí el gráfico de barras armado por el investigador buceador es sintético. Una barra representa unos o muchos casos (peces) y su altura no indica el valor de la variable de respuesta por un solo caso sino incorpora los valores empatados de muchos peces (unidades de respuesta). Todavía cada caso (pez) está representado en el gráfico, pero eso es difícil ver porque está agrupado con todos los demás peces de su clase.

De manera semejante, el análisis de los datos de la Pregunta 4 es análogo al análisis de los datos de la Pregunta 2 de los bosques. Su unidad de evaluación sigue siendo el pez en ese momento y el dato básico es su edad o tamaño. Pero ¡un solo pez (es decir, una sola unidad de evaluación) no nos da un dato representativo de las edades y tamaños a través del caso (el arrecife) como un todo! Obviamente hay que submuestrear mucho y sacar un “dato derivado” en el sentido amplio, es decir alcanzar un número de cientos o miles de peces para poder construir un gráfico de barras que dé una lectura fiel de la estructura de población de *B. afiladus* dentro de un mismo arrecife.

En lugar del gráfico ¿se puede calcular otro dato derivado, por ejemplo un solo valor ordinal o de intervalo que resuma la estructura de población dentro de un arrecife determinado, análogo a un índice de Shannon para la diversidad de especies? ¡Por suerte no! Los ecólogos de poblaciones no son tan bobos como los de “la biodiversidad”. Han propuesto un gran número de estadísticos o índices relacionados con la dinámica de las poblaciones, tales como λ (ver la pp. 113 del **texto original**), pero reconocen bien que aquellos estadísticos o índices esconden los datos más importantes: los de la estructura de población en sí, mostrada por el gráfico de barras u otra representación semejante que no pierda el dato básico de ningún ejemplar. Reconocen que un promedio de las edades u otro valor sobre resumido, aunque ¡llegue hasta decimales!, perdería mucha información clave sobre la estructura de población y de ninguna manera contestaría la Pregunta. Aquí se caracteriza cada arrecife (unidad de respuesta) en cuanto a su estructura de población particular de *B. afiladus*, sólo por su gráfico propio

de barras. Por lo tanto, el análisis y presentación final de los datos según la Pregunta marina 4 consistirá en un gráfico de barras para cada uno de los arrecifes dinamitados y cada uno de los no dinamitados. Si $n = 11$ por nivel habrá 22 gráficos. Recalcamos que no hay ningún valor simple que represente la estructura de población dentro de un mismo arrecife. El investigador buceador inteligente no lo busca. Podrá interpretar el conjunto entero de gráficos cualitativa y cuantitativamente. De manera semejante al investigador forestal, podrá empezar por evaluar si la variación de estructura de población entre los arrecifes de los diferentes niveles supera llamativamente la variación entre los arrecifes de un mismo nivel (ver la discusión de las fuentes de variación, capítulos 4 y 5.4). Podría ser que sus compañeros, tutores, revisores y editores no entiendan las Preguntas 3 y 4 ajustadas, pero por contraste con las “identidades” y las curvas de rango abundancia al menos reconocerán los gráficos de barras y su utilidad sin mayor explicación.

Entonces el dato básico de la estructura de población de peces u otros seres vivos es la edad o tamaño de un ejemplar particular. Puede resumirse hasta un gráfico de barras pero no más allá. El dato básico de la “diversidad, abundancia y composición de especies” es la identidad de un ejemplar particular. Estos datos pueden resumirse sólo hasta el nivel mostrado por la tabla 9.1 (un cuadro “colapsado” de aquellos datos originales), lo que a menudo se entiende e interpreta con más facilidad y profundidad si se presenta como un gráfico de rango abundancia. Si el diseño es de unos pocos niveles segregados tal como las Preguntas 1 y 3, de los árboles o los peces respectivamente, el ejemplar es el caso (unidad de respuesta) y sí se pueden resumir los datos, sin perder ninguno, en un solo gráfico por cada nivel. Si los casos (unidades de respuesta) están a otra escala donde el ejemplar es la submuestra, tal como en la Pregunta 2 de los parches aislados de bosque o la 4 de los arrecifes de coral, se resumen los datos dentro de un mismo caso, sin perder ninguno, por un dato derivado en el sentido amplio: un gráfico particular al caso. No se puede y no se debe resumir más a través de los casos de un mismo nivel.

Sin embargo, a menudo tanto los ecólogos de poblaciones contestando Preguntas como la 4 como los investigadores de la biodiversidad contestando Preguntas como la 2 se pierden en este momento. Saben que no hay ningún “número mágico”. Saben que deben incluir todos los ejemplares en gráficos, de la estructura de edades o de rango abundancia respectivamente. Pero si tienen muchas unidades de respuesta (casos) verdaderas, por ejemplo muchos parches aislados de dos clases de bosque o muchos arrecifes perturbados y no perturbados, caen en una trampa. A los investigadores mismos (o a sus tutores, revisores o editores) les parece excesivo dibujar un gráfico para cada una de las unidades de respuesta. Entonces suman los conteos por clase de edad o por especie, respectivamente, *a través de todos los casos de un mismo nivel*. Eso resulta en un solo gráfico por cada nivel, sobre resumiendo -y perdiendo- toda la información sobre la variación en la estructura poblacional o la curva de rango abundancia, respectivamente, entre las unidades de respuesta de un mismo nivel. Uy.

Desafortunadamente eso es lo que se encuentra en los excelentes trabajos de Piñeda *et al.* (2005), Vidaurre *et al.* (2006), Tálamo *et al.* (2009) y Rodríguez & Ojeda (2011), entre otros: un solo gráfico de rango abundancia por un nivel como un todo, sobre resumiendo -y perdiendo- la información de las unidades de respuesta (casos) individuales. Así se pierde la esencia de los diseños fuertes de sus indagaciones. Se debería haber presentado un gráfico por cada caso a pesar del mayor espacio requerido. Esperamos que en el futuro ellos y otros investigadores sigan el ejemplo de Andresen (2005) y estén conscientes de la necesidad de siempre presentar un dato por cada unidad de respuesta, sea ese dato un solo valor del estadístico de la muestra o sea un gráfico.

► Más allá de los diseños con niveles discretos

Por supuesto las Preguntas sobre la diversidad de especies o la estructura poblacional puede conducir a diseños de niveles continuos. Las Preguntas:

A través del paisaje de (lugar) ¿cómo varían *las identidades de los árboles* entre *parches aislados de bosque* ubicados en *diferentes pendientes*?

y

En la Bahía (nombre) ¿cómo varían las edades (o, tamaños) de los *Bocallenedientes afilados*, entre *arrecifes coralinos con diferentes intensidades de la pesca artesanal*?

no sólo son válidas, interesantes e importantes sino también sus diseños de niveles continuos no tentarán tanto al investigador forestal y el buceador a combinar los datos entre las diferentes unidades de respuesta. Ya no hay réplicas y es más obvio que cada caso tendrá que presentarse por separado.

► Más allá del log de p_i

Los gráficos de rango abundancia fueron desarrollados originalmente para comparar la forma de su curva con la predicha por uno u otro modelo matemático (nota 3, pp. 235 del **texto original**). Por razones teóricas, no biológicas, los valores graficados eran de $\log p_i$. A los ecólogos de aquella época no les importaron, o no les importaron mucho, quiénes eran las especies y de hecho pocas veces etiquetaron los puntos de sus gráficos con los nombres de ellas.

Ahora los gráficos de rango abundancia nos sirven como herramientas prácticas, no teóricas. Es imprescindible que sepamos quiénes son las especies. En cambio, ya no es necesario que los puntos sean de $\log p_i$. El **texto original** (pp. 156) ya presenta una alternativa: graficar $\log n_i$ en lugar de $\log p_i$. También podemos graficar el simple p_i o el simple n_i . ¿Cuál le convendrá más a usted? Si hay una o dos especies con abundancias altísimas y varias o muchas especies de abundancia moderada o bastante baja, el gráfico de p_i o n_i tendrá uno o dos puntos (especies) en el tercer piso del edificio y una caída abrupta hacia los demás puntos (especies). Le podría convenir más un gráfico de valores convertidos en

sus logaritmos. Sin embargo, un gráfico de $\log p_i$ o de $\log n_i$ exagera visualmente las diferencias triviales y probablemente del puro azar entre los conteos bajos de las especies menos comunes mientras que aminora el impacto visual de las diferencias reales, y de significado biológico, de los conteos altos de las especies más comunes (figura 5.9.2). Sin que

usted hubiera alcanzado no sólo una “lectura fiel” de las especies que hay, según la asíntota de la curva de acumulación de especies, sino también conteos robustos (≥ 4 ejemplares) de todas o casi todas de las especies le recomendaríamos no convertir los valores de n_i o p_i en sus logaritmos. Normalmente le recomendaríamos p_i (ver la figura 5.9.2).

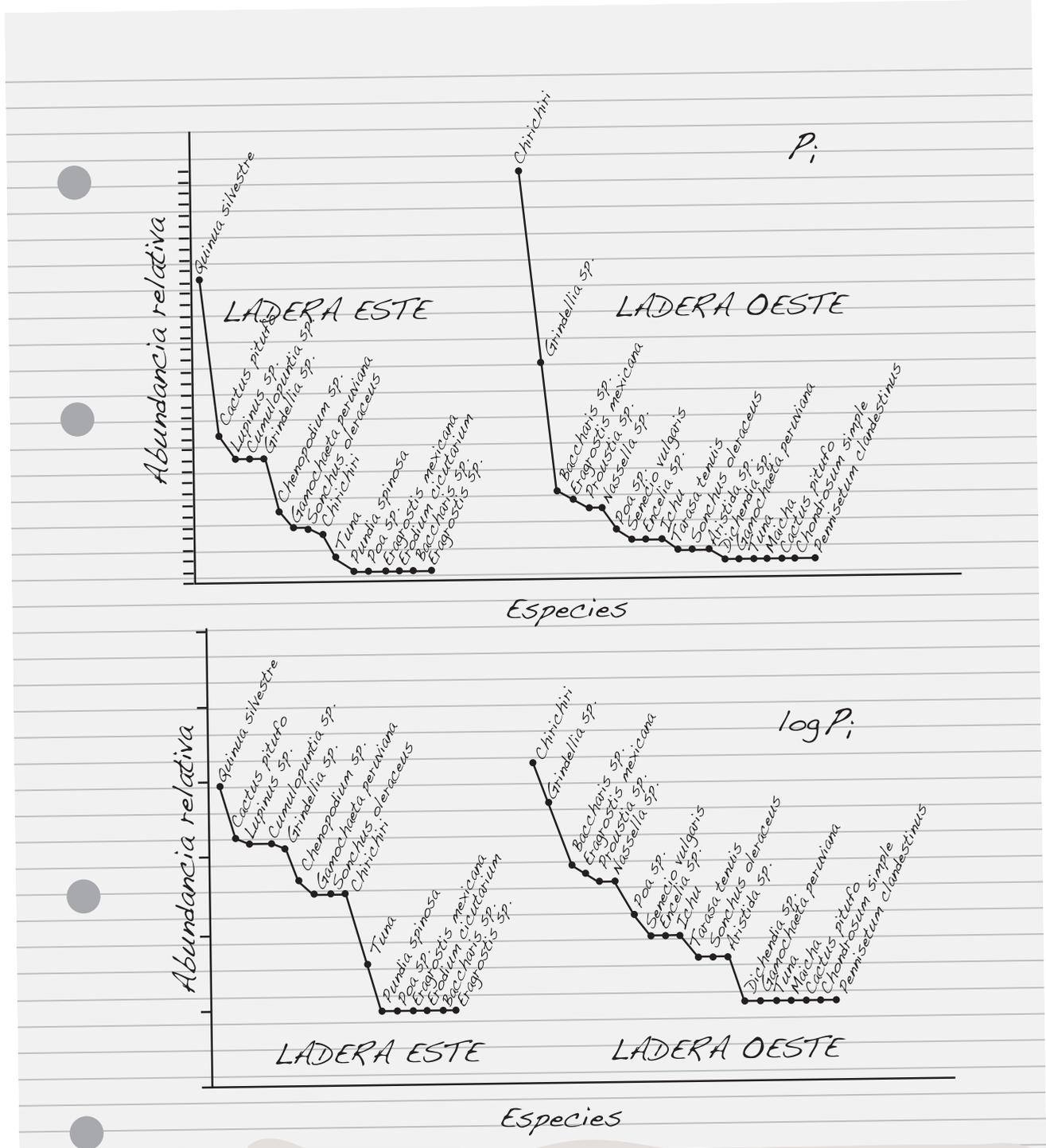


Figura 5.9.2 Gráficos de rango abundancia de plantas en dos laderas, oeste y este, según valores de p_i (arriba) y $\log p_i$ (abajo). El gráfico de p_i les da más impacto visual a las diferencias entre las especies abundantes (cuyos conteos son más confiables) y menos a las diferencias entre las especies con sólo 1 ejemplar o pocos (donde los conteos suelen ser el resultado del puro azar). El gráfico de $\log p_i$ les da más impacto visual a las diferencias entre aquellas especies poco comunes.

► Y ¿la unidad de evaluación es...?

Según la cadena de razonamiento que nos llevó a las Preguntas sobre la diversidad/abundancia/composición de especies debidamente planteadas, el dato básico de la variable de respuesta (paso 9, capítulo 5.4) para esos estudios es *la identidad específica*, un dato nominal. Si el estudio trata de especies cuyos individuos son fácilmente distinguibles, la unidad de evaluación (paso 11) es *un ejemplar en aquel momento* (aunque recalamos que aquí la definición ya no tiene que ser tan precisa, puesto que la identidad específica no cambia con el tiempo). La metodología (paso 10) es sencilla: revisar el ejemplar y darle su nombre lo mejor que uno pueda. Obviamente no hay que submuestrear (paso 12) si el ejemplar ya es el caso (por ejemplo, la Pregunta 1 sobre árboles del único bosque siempreverde y los del único bosque semicaducifolio). Obviamente sí hay que submuestrear intensivamente si la unidad de respuesta es de escala mayor (por ejemplo, la Pregunta 2 sobre parches de bosque siempreverde y parches de bosque semicaducifolio... o, concesiones de bosque talado selectivamente y zonas de bosque sin tala).

Entonces ¿qué pasó con las unidades de evaluación de antes: las parcelas, transectos, volúmenes estándares de espacio, de agua o de suelo o arena? *Ya no son unidades de evaluación*. Son simplemente *maneras de conseguir un número de casos* (árboles en los dos bosques únicos, Pregunta 1) *o de submuestras* (árboles en los parches de bosque siempreverde y en los parches de bosque semicaducifolio, Pregunta 2) *adecuado para proveernos de la lectura fiel de las identidades de los casos a través de cada nivel segregado o las identidades de las submuestras para caracterizar una misma unidad de respuesta, respectivamente*.

Pensando así, la tradición de emplear transectos de largo fijo, parcelas de área fija o volúmenes fijos en estudios de la “biodiversidad” de un conjunto de individuos tiene menos sentido todavía que lo que tenía cuando discutimos el tema en el capítulo 5.4 (paso 11). El esfuerzo de muestreo debe ajustarse en

cada parche de bosque, o su equivalente, al instante según los resultados acumulativos del muestreo: (1) el criterio de intentar alcanzar la asíntota de la curva de acumulación de especies, y (2) el criterio de seguir hasta que queden pocas o ningunas especies con conteos < 4 . Ese esfuerzo puede variar mucho entre niveles del factor de diseño o entre las unidades de respuesta (casos) de un mismo nivel. Pero si queremos alcanzar una lectura fiel debemos estar dispuestos a hacer los ajustes. Por ejemplo, en lugar de emplear parcelas cuadradas, parcelas rectangulares o transectos lineales es posible que consigamos la lectura más fiel de las identidades de los árboles en un parche de bosque, sea el parche el nivel o la unidad de respuesta, a través de un *transecto espiral*. El investigador forestal con ganas de conseguir una lectura fiel llega al centro del parche de bosque y muestrea árboles recorriendo una espiral hasta que casi alcanza sus límites. Ajusta la distancia entre las espiras sucesivas según los dos criterios. Por supuesto siempre puede quedar una u otra especie fuera de su muestra, pero el riesgo es menor y de ninguna manera se introducirá un factor tramposo en el diseño como los que resultan del uso de una unidad de evaluación con dimensiones fijas o esfuerzo fijo. La figura 5.4.6g muestra la manera de emplear transectos espirales y curvas de la acumulación de especies para ajustar el submuestreo de cada uno de los bosques (casos) investigados.

El replanteo del concepto de la “lectura fiel” de las identidades de los ejemplares exige no sólo un nuevo pensamiento sobre la naturaleza de la unidad de evaluación en tales estudios sino también uno nuevo sobre la metodología (paso 10). En los capítulos 4 y 5.4 ya discutimos los sesgos inevitables, y hasta factores tramposos, introducidos por las metodologías de muestrear los animales móviles, tanto los vertebrados como los invertebrados. Para muchas metodologías debemos ajustar la definición de la variable de respuesta como la identidad del *registro*, no del ejemplar. Además debemos intentar aplicar un razonamiento análogo al del transecto espiral para árboles, para pretender alcanzar una lectura igualmente fiel de las identidades (sean de registros o de ejemplares) a través del nivel de diseño (si la Pregunta se parece a la Pregunta 1 de

este capítulo) o a través de la unidad de respuesta (si se parece a la 2). Debemos pretender cumplir con los dos criterios según la curva de acumulación de especies y el conteo mínimo por cada especie. Si está de acuerdo con la filosofía y el razonamiento práctico de este capítulo 5.9, le toca a usted aplicarlos a su Pregunta propia... si ella trata sobre la diversidad/abundancia/composición de especies con ejemplares reconocibles.

► **Y ¿si los ejemplares individuales no son reconocibles?**

Si usted trabaja con gramíneas, herbáceas rastreras, arbustos que presentan mosaicos de follaje entre dos o más especies, fotos aéreas de bosques en que se ve el mosaico del follaje de las diferentes especies de árboles pero no se divisan los individuos, corales que no forman cabezas (colonias) distintas, musgos, líquenes, algas marinas incrustadas sobre el sustrato u otros seres vivos que no presentan individuos bien distintos entre sí... *olvídense del razonamiento anterior. Por razones de la historia natural no vale pretender registrar las identidades de “ejemplares” de cada especie y llegar a un conteo de éstos para darle su importancia.* En su lugar la importancia de la especie en la muestra suele presentarse como... *la cobertura* de la especie cuantificada en un área determinada (¡una parcela!), una línea recta (¡transecto!) o un plano vertical (¡parcela perpendicular!), dependiendo de los seres vivos y la metodología empleada.

Considere la siguiente Pregunta, formulada por ahora según la manera tradicional de formular las Preguntas sobre la diversidad/abundancia/composición de especies:

5. En el paisaje (nombre), ¿cómo varía la diversidad y composición de especies vegetales herbáceas, entre *pastizales con ganado vacuno* y *pastizales con ganado ovino*?

Aún en esta forma ya deja bien claro qué estamos comparando. El caso es claramente un pastizal, ya sea con ganado vacuno o con ovino, y la Pregunta

habla de “pastizales”, así que está ajustada según los pasos 4-7 ¿no? Bien, ahora enfoquémonos en lo que se mide. Antes de nada tendremos que reemplazar la variable de respuesta “la diversidad y composición de especies” por otra, pero ya no podemos hablar de las identidades de los ejemplares. Lo que sí podemos medir es la cobertura. Entonces la Pregunta debe formularse de manera novedosa:

5. (ajustada) En el paisaje (nombre), ¿cómo varían *las identidades de las especies* vegetales herbáceas y *sus coberturas*, entre pastizales con ganado vacuno y pastizales con ganado ovino?

¡Hay dos variables de respuesta! La primera es *la identidad*, un dato *nominal*. La segunda es *su cobertura*, un dato *de intervalo*. La unidad de evaluación es... *¡una especie determinada!* ¿Hay que submuestrear? ¡Sí, obvio! Hay que submuestrear hasta que (a) se haya alcanzado la lectura fiel de cuáles especies están en un pastizal dado, según la asíntota de la curva de acumulación de especies, y (b) se haya alcanzado la lectura fiel de su cobertura, menos desafiante que los conteos anteriores, porque es un dato de intervalo que va estabilizándose al seguir tomando datos.

¿Por qué ahora tenemos que cambiar casi todo lo aprendido con mucho dolor en las secciones anteriores? Porque tenemos que aplicar creativamente los elementos del proceso de diseño, en particular los pasos 9 – 12 (capítulo 5.4). La ecóloga de pastizales que llega al área es capaz de reconocer las diferentes especies y darle sus identidades, pero las plantas se encuentran en manchones. Tanto como el investigador forestal, ella tiene que pretender conseguir una lectura fiel de las especies y sus importancias a través del caso (el pastizal) como un todo. Pero si ella quiere alcanzar un *n* adecuado de cada nivel (pastizales con ganado vacuno, pastizales con ganado ovino), no puede muestrear cada pastizal hasta sus límites ¡obvio! Entonces debe tomar sus datos dentro de áreas determinadas (cuadrados o rectángulos) de superficie mucho más limitada que el pastizal como un todo, o a lo largo de simples líneas rectas, o a lo largo de planos verticales (el método de “línea – intercepto”) o mediante otra

variante (ver Mueller-Dombois & Ellenberg 2002, Sutherland 2006). Y dentro del espacio, plano o línea ella registrará ambas variables, la identidad y cobertura de cada una de las especies encontradas. Debería repetir este proceso en diferentes puntos dentro del mismo pastizal.

Entonces en cierto sentido hay dos clases de unidades de evaluación en este estudio u otro que indique la importancia de una especie mediante su cobertura. Una clase es arbitraria y se reconoce por el área que definen los cuadrantes, rectángulos, líneas rectas o planos verticales que permiten “leer” las identidades de las especies y su importancia (cobertura) en un punto dado del pastizal. O se debería repetir el proceso en varios puntos, para conseguir datos representativos del pastizal como un todo, o se debería emplear un solo transecto largo que muestree de un extremo del pastizal al otro (puede ser análogo al “transecto espiral” del investigador forestal). La otra unidad de evaluación es natural e imprescindible: la unidad biológica que se define como la especie particular.

Como antes, en la Pregunta 5 los datos básicos por cada unidad de respuesta (pastizal) se resumirán mediante un dato derivado: el gráfico de rango abundancia. Los valores de importancia pueden ser las coberturas absolutas, es decir el % de la superficie cubierto por cada especie. La sumatoria de aquellos porcentajes absolutos a través de todas las especies puede ser $> 100\%$ si las plantas están montadas una sobre otra, o $< 100\%$ si hay suelo desnudo. Alternativamente, los valores graficados pueden ser... p_i , donde ahora p_i se calcula como el % de cobertura de la especie i entre la sumatoria de los % de cobertura de todas las especies. Como siempre, en este estudio donde la unidad de respuesta es el pastizal se debe armar un gráfico por cada pastizal.

► Conclusiones

Empezamos por presentar la meta práctica de los estudios de la diversidad, abundancia y composición de especies: darle a cada especie encontrada, una medida de su importancia absoluta o relativa. Las

identidades de los ejemplares (datos nominales) o la cobertura de las diferentes especies (datos de intervalo) no son las únicas maneras de cuantificar la importancia. Tal vez la *biomasa* por especie sea la manera más adecuada de representar “importancia” en su estudio. Si fuera así el procedimiento sería análogo al de las coberturas. Cualquiera que fuese la definición particular de “importancia”, como esperamos haberle mostrado en este capítulo 5.9 siempre podemos formular una Pregunta que tenga sentido biológico, que cumpla bien con los pasos de diseño (capítulo 5.4) y que indique claramente lo que se comparará y lo que se medirá. Lo que nosotros hemos aprendido aquí y que esperamos que usted haya aprendido, aplicando los principios del capítulo 5.4 al tema de la biodiversidad, es que (1) es un desafío cumplir con la consigna de “la lectura fiel” pero no es un desafío insuperable si (2) estamos dispuestos a ser creativos con la definición de la unidad de respuesta y la unidad de evaluación. Le invitamos a volver a redactar las muchas Preguntas de los capítulos 5.3 y 5.4 que tratan de la “diversidad/abundancia/composición de especies”. ¡Suerte!

CAPÍTULO 5.10: CÓMO EXTENDER EL ALCANCE DE LA INDAGACIÓN

RESUMEN

El capítulo 10 del **texto original** desarrolla la propuesta de que los elementos de la indagación no son la propiedad exclusiva de los biólogos y otros profesionales de la conservación sino están al alcance de, y de gran utilidad a, una variedad de otros públicos. Describe “la indagación comunitaria”, prendida mediante la capacitación de las comunidades rurales originarias y/o criollas en el uso de las herramientas de la indagación según sus intereses y preocupaciones; “la enseñanza de ecología en el patio de la escuela” o la EEPE, donde se incorpora la indagación en las prácticas pedagógicas durante las horas de clase; “la indagación guardaparqueña”, donde el personal mismo de las áreas protegidas plantea, diseña, realiza y aplica indagaciones propias y el “senderismo indagatorio”, donde los visitantes a las áreas protegidas realizan indagaciones muy breves que les lleven a reflexionar sobre sus alrededores cotidianos y los deseos sobre sus destinos. El capítulo concluye con dos oraciones que todavía presentan la filosofía de nosotros y nuestros colegas a través de América latina:

“Los profesionales de la conservación, solos, no tenemos todas las respuestas. Tampoco tenemos todas las preguntas.” (Feinsinger 2004, pp. 175)

CAMBIA, TODO CAMBIA

Una década después nosotros y cientos de colegas seguimos fomentando el uso de las herramientas del Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada por los mismos cinco públicos: los alumnos, profesores e investigadores profesionales en la biología de la conservación, la ecología de campo y temas relacionados; los guardaparques y otro personal de las áreas protegidas; los comuneros criollos u originarios; los escolares y sus guías, los docentes y finalmente los visitantes a los “espacios recreativos – educativos” tales como las áreas

protegidas. Sin embargo, todos los acercamientos han experimentado, y seguirán experimentando, un proceso notorio de evolución debido a lo aprendido de aquellos cientos de colegas y los miles de “víctimas” de los cursos y talleres.

Usted ya ha revisado un gran número de páginas en este Suplemento que le mostraron la evolución del pensamiento y práctica del diseño, análisis e interpretación de su estudio propio, es decir una indagación académica, profesional o “guardaparqueña”. Pero cabe recalcar que los tesisistas y profesores universitarios, los investigadores profesionales y los guardaparques no son los únicos que pueden indagar. El Ciclo de Indagación y el Ciclo de Indagación Aplicada (capítulos 2 y 5.2), las Preguntas de trabajo bien planteadas sobre cuestiones de gran interés o preocupación (capítulos 3 y 5.3), los elementos del proceso de diseño (capítulos 4 y 5.4) y del análisis estadístico hasta la filosofía detrás de la inferencia estadística (capítulos 5 y 5.5), el reconocimiento de los diversos puntos de vista (capítulos 6 y 5.6), la interacción entre “contenido y contexto” (capítulos 7 y 5.7), el concepto y uso de indicadores (capítulos 8 y 5.8) y la indagación de la “biodiversidad” hasta las curvas de rango abundancia inclusive (capítulos 9 y 5.9) también están al alcance de otros públicos. Recientemente resumimos la filosofía y el estado actual (es decir, en ese momento... sigue cambiando, todo sigue cambiando) de los acercamientos, para lectores no familiarizados con los principios del Ciclo de Indagación (Feinsinger *et al.* 2010a,b). Pero usted está familiarizado con ello ¡hasta la saciedad! y por ende quisiéramos concluir este Suplemento, aparte de los apéndices y anexos, por describirle los cambios mayores. El primer paso es distinguir explícitamente la indagación inducida (el “senderismo indagatorio”) de la indagación deliberada (los demás acercamientos).

► La indagación deliberada

“La indagación deliberada” quiere decir que la persona realizando la indagación está consciente de lo que está haciendo y tiene fines de indagar, sea que ella misma plantea la Pregunta o sea que otra persona (el docente de la EEPE) se la plantea.

La indagación guardaparqueña

Por lo general los guardaparques latinoamericanos son netamente capaces de captar y aplicar todos los elementos de la indagación “académica/profesional”, como usted ha visto en las figuras 5.3.1, 5.4.5 y 5.4.6. A veces siguen el proceso de los 17 + 1 + 1 pasos (capítulo 5.4), a veces siguen un proceso de diseño que tiene menos pasos pero no pierde las consignas del proceso más detallado. Lo único que no captarán, y no debería tener que captar, es la práctica de la inferencia estadística (capítulo 5.5) aunque sí captan la filosofía más rápidamente que la mayoría de los estudiantes de la materia en la facultad. Tampoco tienen que preocuparse de otros contratiempos y desviaciones irrelevantes de la ciencia académica tales como la publicación frecuente de trabajos (o, de un mismo trabajo con un cambio de título) en inglés y en revistas indexadas (ver Bortulus 2012). Tampoco tienen que preocuparse por usar los términos “hipótesis científica” y “predicción” en sus informes (Feinsinger 2013). Como las mismas figuras muestran, sus diseños de indagaciones suelen ser modelos de la incorporación del sentido común, la humildad y el conocimiento profundo de la historia natural.

Lamentablemente no siempre se gestionan, apoyan o permiten sus indagaciones (Feinsinger *et al.* 2010a,b). Es difícil cambiar la actitud entre los jefes, las ONGs y centros de investigación nacionales y las ONGs internacionales de la conservación, de que el papel del guardaparque en la conservación es sólo el control y vigilancia más, a veces, la toma de datos para los proyectos de investigadores “genuinos”. Es particularmente difícil que los guardaparques desarrollen indagaciones propias como las de las figuras si la dirección y/o la ONG tiene otra agenda,

por ejemplo un programa de monitoreo poco útil y sin diseño –pero atractivo a los donantes– tal como los cuestionados al final del capítulo 5.4. Que nosotros sepamos, entre las agencias nacionales de conservación en América latina sólo Parques Nacionales Naturales de Colombia tiene la política de alentar y apoyar la indagación guardaparqueña.

La indagación comunera

Ésta es la primera instancia de cambiar la etiqueta “la indagación comunitaria” por la de “la indagación comunera” en una publicación. Pero el cambio debería haber sucedido en el 2004, cuando el tosco y muy dirigido acercamiento descrito en el **texto original** (pp. 164 – 169) se mejoró de golpe en un taller con los campesinos de las comunidades en los alrededores del Parque Nacional El Cajas, Ecuador. Reconocimos dos cosas que nos deberían haber sido evidentes desde mucho antes. (1) Ni la facultad entera de ecología, ni el personal entero de un área protegida, ni la comunidad como un todo indaga. Es la persona individual o un grupo pequeño de compañeros que se animan a indagar sobre un tema que le(s) importe o preocupe. Por esa razón (entre otras) los primeros intentos ingenuos de la “indagación comunitaria”, según el esquema del **texto original**, fracasaron. (2) La gran mayoría de comuneros y comuneras en los paisajes rurales de América latina ya usan cotidianamente, aunque de manera inconsciente, las herramientas de la indagación hasta seguir intuitivamente el Ciclo de Indagación o el Ciclo de Indagación Aplicada. El campesino inteligente siempre está indagando sobre sus cultivos. El pescador artesanal siempre está indagando sobre técnicas y sitios de pesca. El amplísimo conocimiento de los usos de las plantas de monte entre un pueblo originario ¿proviene de qué? Siglos de indagación realizada por sus antepasados.

Recuadro 5.10.1. El proceso de diseño seguido por los comuneros, los docentes de escuela y unos guardaparques

1.	Revisar su Pregunta y discutir: ¿señala bien el espacio y tiempo que nos <i>importa</i> investigar y que a la vez nos será <i>factible</i> investigar como un todo? Si aún no lo hace, modificar la pregunta.
2.	Según la pregunta, ¿qué es lo que van a <i>comparar</i> ? Esto se llama el <i>factor de diseño</i> y sus <i>niveles</i> .
3.	¿Cómo será un <i>caso</i> de lo que van a comparar? Esto también se llama la <i>unidad de respuesta</i> . Ajustar la Pregunta para que indique la naturaleza de los casos por el uso apropiado de la letra “s”.
4.	¿Cómo <i>se distribuirán</i> los casos en el espacio y/o el tiempo? ¿Están comparando lo que querían comparar? ¿Están seguros? Dibujar un <i>plano</i> (croquis, esquema) crudo.
5.	Según la pregunta, ¿qué es lo que van a <i>medir y registrar</i> al llegar al caso determinado de lo que están comparando? Esto también se llama la <i>variable de respuesta</i> .
6.	¿Cómo será la <i>manera</i> de medir lo que van a medir y registrar (la <i>metodología</i>)? ¿Están midiendo lo que querían medir? ¿Están seguros?
7.	¿Habrá una <i>unidad de evaluación</i> donde ustedes medirán lo que van a medir y registrar, a fin de darle un valor confiable al caso particular? Si es así, ¿en qué consistirá? ¿Habrá una sola o varias (<i>submuestras</i>) por cada caso?
8.	Y ahora . . . ¡Hacerlo! ¡Manos a la obra! . . . pero . . .
9.	Durante el estudio en sí (la Acción) y más allá, <i>seguir revisando y ajustando la Pregunta</i> a fin de seguir cumpliendo con la frase fundamental de Diseño. ¡Sean honestos, éticos, reflexivos y humildes!

Grupo: Los Plataneros
 Nombres: Diógenes, Arcadio, Virgilio

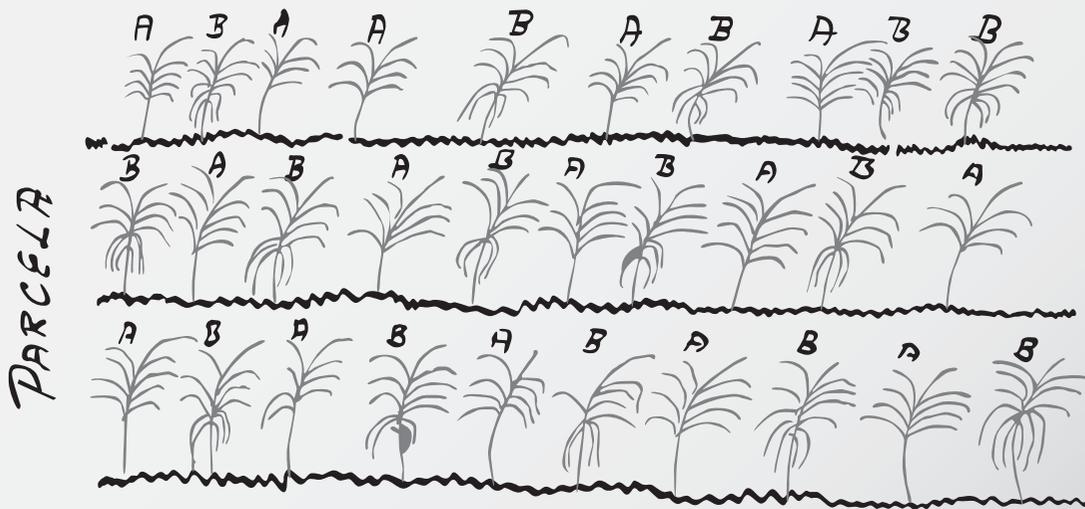
Observación: Los distintos métodos empleados a los cultivos del plátano vianda pueden incidir en la producción.

Concepto de Fondo: Por lo general la producción de plátano puede variar de acuerdo a los métodos aplicados:

- Corte de las hojas maduras periódicamente.
- Corte de las hojas maduras a largo plazo.

Inquietud Particular: ¿Será que las plantas de plátano vianda experimentan cambios en la producción según los métodos de deshojes empleados?

Pregunta: ¿Cómo varía la producción de plátano vianda con dos manejes de deshoje diferentes (deshoje periódicamente, deshoje a largo plazo), en una parcela en la finca de Arcadio entre el 2009 - 2010?



A Deshojes periódicamente

B Deshojes a largo plazo

- Se mide: granos de plátanos por racimos con diferentes técnicas aplicadas
- Metodología: Ojmetro - dedímetro - machetímetro
- Unidad de evaluación: Racimos de plátano

Figura 5.10.1 Una indagación comunera planteada por un equipo de campesinos vecinos de la región de la Bahía Taco, Parque Nacional Alejandro de Humboldt, Cuba y siguiendo el proceso del recuadro 5.10.1.

Grupo Los Galluelos

Nombres: Diógenes, Arcadio, Virginio

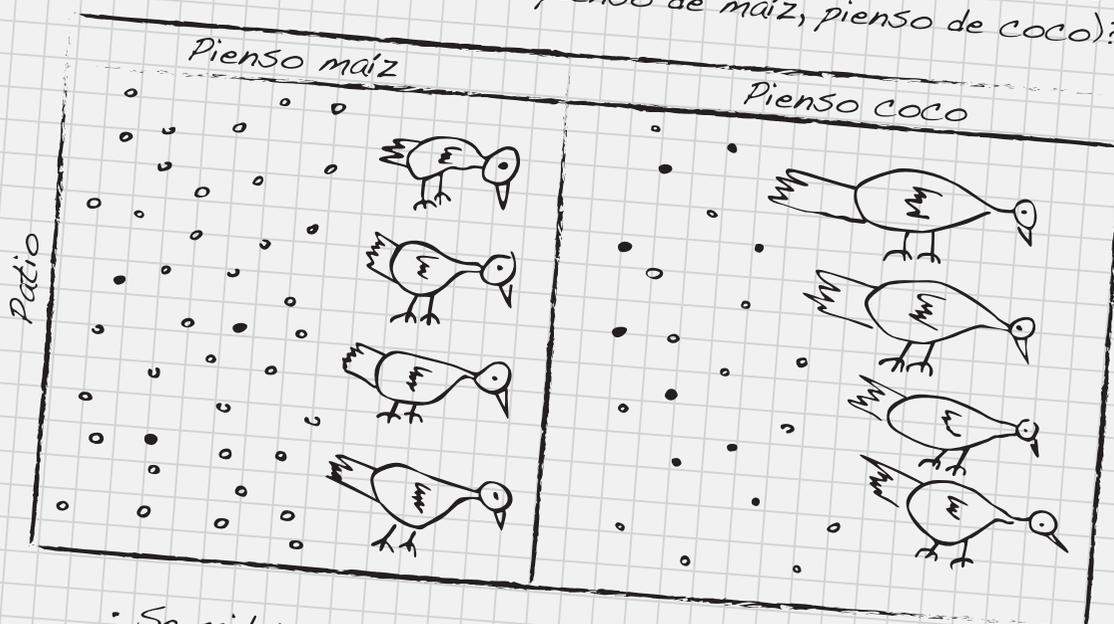
Observación: Aplicando diferentes métodos de alimentación a las gallinas se puede producir más o menos cantidad de huevos por aves en el patio de Arcadio.

Concepto de Fondo: Por lo general la producción de huevos puede variar de acuerdo a los métodos de alimentación aplicados a las gallinas.

- Pienso de maíz
- Pienso de coco

Inquietud Particular: ¿Será que las gallinas experimentan cambios en la producción de huevos según los métodos de alimentación aplicados?

Pregunta: Del 2009 - 2010 en el patio de Arcadio ¿cómo varía la producción de los huevos por gallina según los métodos empleados de alimentación (pienso de maíz, pienso de coco)?



- Se mide: cantidad de huevos por gallina
- Metodología: Ojímetro - manímetro
- Unidad de evaluación: Grupo de huevos

Figura 5.10.2 Otra indagación comunera de la Bahía Taco.

Por ende la capacitación en la indagación comunera, durante un taller que ahora es de 4 ó 5 días, consiste en capacitarles en el uso consciente de las herramientas que ya poseen. Los participantes en un taller aprenden a plantear Preguntas que cumplen con las cuatro pautas, según la secuencia de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular. Aprenden y practican el diseño según un proceso menos detallado pero no menos riguroso que el del capítulo 5.4 (recuadro 5.10.1). Ya por el mediodía del tercer día del taller empiezan a plantear sus indagaciones reales, o individualmente o en pequeños equipos de familiares o vecinos. Las figuras 5.10.1 y 5.10.2 muestran ejemplos modelo planteados por campesinos cubanos. Lo único que en estos diseños faltó fue un explícito Concepto de Fondo más amplio (en aquella época “Inquietudes Globales”). Sus indagaciones eran verdaderos experimentos cuyos diseños cumplieron intuitivamente con las consignas del diseño experimental y cuyos resultados llevaron a aplicaciones inmediatas. Algunos campesinos de aquel taller plantearon y diseñaron tres indagaciones diferentes y completas en menos de 2,5 días.

Se encuentran otros ejemplos de “la indagación comunera” en Feinsinger (2010a,b). Los temas de estas indagaciones autónomas, sean planteadas por campesinos criollos u originarios, incluyen no sólo cultivos sino también el ganado, la pesca, la cacería, el manejo de bosque, la contaminación de

microcuencas por la minería o por agroquímicos, la salud humana y... los usos de las plantas de monte, entre otros.

La enseñanza de ecología en el patio de la escuela (la EEPE)

Casi todos los cambios mayores en la EEPE durante la última década se encuentran en el manual de Arango *et al.* (2009), disponible en las páginas web www.sendadarwin.cl y <http://bibliomaniachilena.blogspot.com.ar/2012/07/principios-y-practica-de-la-ensenanza.html>. Los numerosos avances incluyen la integración explícita del contenido curricular y la EEPE, los elementos claves de diseño y la aplicación de Ciclo de Indagación a otras materias tales como las ciencias sociales. Lo que le falta a Arango *et al.* (2009) es la formulación de las Preguntas según la secuencia explícita de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular ya que el manual entró en prensa antes del desarrollo de ese proceso. Usted puede pedirnos a nosotros (los autores de este Suplemento) la carpeta de archivos que corrigen esa falta. La EEPE sigue difundándose a través de muchos paisajes latinoamericanos (Feinsinger *et al.* 2010b) pero no sin reveses (Feinsinger *et al.* 2010a).

► La indagación inducida: el “senderismo indagatorio”

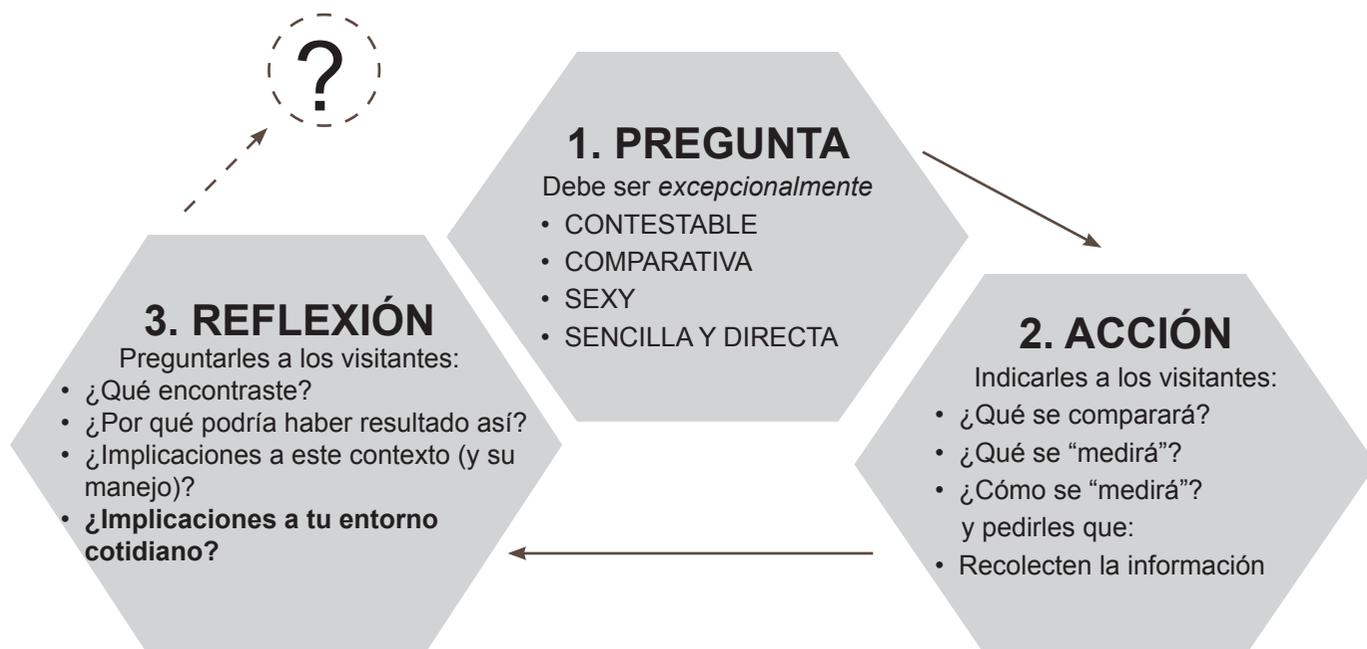


Figura 5.10.3 El Ciclo de Indagación modificado para guiar el diseño de los letreros, folletos o guiones de las indagaciones inducidas. El signo de interrogación significa que una indagación “senderista” (inducida) no suele llevar a otra, por contraste con la indagación deliberada.

El **texto original** usa otras palabras para presentar el concepto de *inducir* la indagación entre los visitantes a un área protegida, puesto que no están allá para indagar deliberadamente. Desde una “cumbre del senderismo indagatorio” en 2005 el acercamiento se ha evolucionado mucho. La figura 5.10.3 presenta la manera de formular una indagación inducida para el público. Muchas de las consignas de la indagación deliberada ya no se aplican. La Pregunta no tiene que resultar de una secuencia explícita de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular. Aparte de recalcar lo que el visitante comparará y “medirá” la Acción no tiene que cumplir con el proceso de diseño, y de hecho a menudo $n = 1$. La meta es inducir al visitante que preste la atención a un fenómeno señalado por una Pregunta netamente contestable en pocos segundos o minutos, claramente comparativa, muy *sexy desde el punto de vista del visitante...* y sencilla y directa, ¡obvio! Sin embargo, de esa Pregunta puntual y Acción muy breve se

induce una Reflexión profunda según cuatro apuntes análogos a las escalas discutidas en el capítulo 5.5A: ¿Qué encontraste? ¿Por qué podría haber resultado así? ¡Especule! ¿Qué podría tener que ver con la conservación, el manejo u otro fenómeno a escala mayor, de *este* lugar? Y en *tú* vecindad ¿qué?

Uno de los ejemplos más clásicos de las indagaciones inducidas en un área protegida es del centro de visitantes del mismo Parque Nacional El Cajas (Ecuador). Armado en 2003 por Samara Álvarez, la misma compañera responsable por el reemplazo de la “indagación comunitaria” (Feinsinger 2004) por la “indagación comunera”, consiste en dos paneles. El panel vertical muestra fotos de cuatro especies de árboles encontrados con frecuencia en el parque. Dos son de especies nativas (*Podocarpus parlatorei* o pino de cerro y *Polylepis* spp. o queñua) y dos de especies exóticas plantadas (*Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp.) durante esfuerzos de

reforestación. Justo arriba de las fotos el visitante encuentra la Pregunta escrita:

“¿Cuántas clases de plantas hay en las ramas y troncos de estos árboles?”

El pino de cerro y el queñua de las fotos están repletos de epífitas de una gran variedad mientras el pino exótico y el eucalipto presentan unas pocas. Justo bajo las fotos se encuentra alguna información de fondo:

“La mayoría de estas plantas que crecen sobre las ramas y troncos de los árboles, no les causan daño y se las conoce con el nombre de epífitas.

Estas plantas ayudan a retener el agua de la lluvia. Son la casa de muchos animales (arañas, insectos, ranas).

Ayudan a mantener la humedad en el bosque.”

Y abajo, en un panel horizontal el visitante encuentra los apuntes para la Reflexión:

- “1. ¿En cuáles árboles encontraste más plantas?
2. ¿Por qué crees que encontraste más en unos árboles que otros?
3. ¿Qué pasaría con el agua de la lluvia, si nosotros quitáramos esas plantas?
- 4A. ¿Cuál de estos árboles se parece más a los de tu casa o parque más cercano?
- 4B. Si tuvieras que sembrar árboles, ¿cuáles de estos escogerías?”

Compare las Reflexiones con las consignas de la figura 5.10.1 y, si se anima, con las del capítulo 5.5A. Verá que según una Pregunta muy bien formulada y una Acción muy breve de comparar los árboles de cuatro fotos y “medir” las epífitas en cada uno, se induce al visitante a pensar conscientemente en (1) lo que justo encontró, (2) una posible explicación que permita que especule sobre su conocimiento (o

creencias) de la historia natural o que al menos se incentive por aprender algo del tema, (3) un salto de pensamiento reflexivo hacia la conservación del parque (ya que es costumbre local llevar muchas epífitas del parque a la casa para las fiestas religiosas) y (4) un salto de pensamiento reflexivo hacia la casa, el barrio propio y las decisiones que pueden tomarse allá. La clave es que la Reflexión se fomentaba sin imponer los pensamientos o actitudes “correctas”, a diferencia de mucho de lo que sucede con la supuesta educación ambiental. Ahora tengo que decirle “fomentaba” porque lamentablemente los paneles se desarmaron en agosto 2013.

Los cambios más llamativos del senderismo indagatorio no tienen que ver con la figura 5.10.3 sino con los públicos a que se dirige y los espacios “recreativo educativos” en que se practica. El acercamiento nació, en 1994, en el contexto de áreas protegidas (el Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina). Hasta la fecha de la redacción de Feinsinger (2004), en varios países latinoamericanos se pretendía implementarlo principalmente en ese mismo contexto, dirigido al mismo público “objetivo” de los mayores esfuerzos en las áreas protegidas del mundo: los turistas nacionales (es decir, de las grandes ciudades ajenas al área) y más todavía, los turistas y ecoturistas de la zona templada del norte. Ya por el 2005 reconocimos lo que debería ser obvio: *los públicos más importantes son aquellos cuyas acciones incidirán en el mismo paisaje*, es decir los pobladores locales y regionales. De ahí en adelante el “senderismo indagatorio”, sea guiado por señalización, por folletos o por guías vivos, se dirige hacia familias locales y regionales, grupos de jóvenes locales y regionales y grupos de escolares locales y regionales. Uruguay es uno de los países donde el enfoque en áreas protegidas, ha cambiado hacia “lo local” y “los locales”.



Figura 5.10.4 El “senderismo indagatorio” bien fuera del área protegida, en el Museo Nacional de Historia Natural (La Habana, Cuba).

Además las áreas protegidas no son los únicos espacios “recreativo educativos” que muestren la naturaleza a numerosos visitantes. Los jardines botánicos, zoológicos y museos de historia natural de las ciudades reciben en total unos miles de visitas cada semana, casi todas de familias, grupos de jóvenes y grupos de escolares locales o regionales. Hace unos 8 años se empezó a aplicar la filosofía del “senderismo indagatorio” a esos lugares en particular, por ejemplo el Museo Nacional de Historia Natural en La Habana, Cuba (figura 5.10.4), con resultados muy alentadores. Desde principios del 2013 hay un esfuerzo grande y altamente exitoso de senderismo, involucrando guías voluntarios, en el museo de historia natural, el jardín botánico y el zoológico de La Paz, Bolivia. Al momento

de redactar este capítulo hay mucho reclamo por talleres de capacitación en el senderismo, a través de Sudamérica para empezar.

► Para resumir

No hay manera mejor de terminar el texto principal de este Suplemento que decirle, *todos somos científicos*. Aunque haya que inducir la indagación, todo el público es capaz de contestar Preguntas de trabajo y reflexionar profundamente sobre los hallazgos. Los escolares, sus docentes y los comuneros rurales son netamente capaces de seguir el proceso entero de la indagación deliberada desde la Observación hasta los últimos pasos de la Reflexión, la aplicación (si están siguiendo el Ciclo

de Indagación Aplicada) y la propuesta de nuevas indagaciones. Muchos guardaparques son tan capaces como los biólogos profesionales de poder seguir fielmente todas las consignas de los capítulos **5.3**, **5.4**, **5.5** y **5.9**, ni mencionar comprender todos los conceptos del **5.6**, **5.7** y **5.8** y fomentar la EEPE y el senderismo indagatorio en sus áreas y sus alrededores. Por otro lado, los científicos profesionales y/o académicos, incluyendo por supuesto los alumnos de pre y post grado, no sólo pueden aplicar los capítulos **5.1** – **5.9** a sus propias investigaciones sino también pueden contribuir significativamente a los acercamientos de este capítulo **5.10**. ¡Bienvenida o bienvenido a la indagación!

APÉNDICES S.A – S.D

APÉNDICE S.A. CÓMO CALCULAR LOS LÍMITES DE CONFIANZA PARA LA MEDIA DE LA POBLACIÓN

Este apéndice del **texto original** presenta la filosofía y práctica de lo más básico, y menos desconfiable, de la inferencia estadística tradicional. Revisiones recientes (por ejemplo, Nakagawa & Cuthill 2007) destacan su utilidad fundamental, aunque existen dudas sobre su aplicación ingenua a datos ordinales o datos de intervalo que no cumplen con sus supuestos (Anexo S.I). El Anexo S.I también menciona una clase de intervalos de confianza posiblemente mucho más útil a la conservación, manejo y ecología básica: los intervalos de confianza sobre *la magnitud del efecto cuantitativo del factor de diseño sobre la variable de respuesta*, una medida que trata directamente sobre el significado biológico.

APÉNDICE S.B. CÓMO DETERMINAR EL TAMAÑO DE MUESTRA (O EL NÚMERO DE RÉPLICAS)

El Apéndice B del **texto original** se relaciona directamente con el capítulo 5 (la inferencia estadística y el concepto del significado biológico. El concepto al fondo, basado en la inferencia estadística tradicional, es imprescindible. El mismo consiste en la búsqueda de un n adecuado para poder detectar una magnitud de efecto (del factor de diseño sobre la variable de respuesta) de significado biológico, si realmente existe, con poco riesgo de cometer tanto un error estadístico de Tipo I como un error estadístico de Tipo II. Una década después tenemos poco que agregar a los muchos avisos ya encontrados en el capítulo 5.5 y el anexo S.I, los que tratan de las dudas acerca de aquella inferencia estadística tradicional entre otros temas. Los avisos principales, de esas fuentes y otros, son:

- ▶ La técnica explicada en este apéndice sólo habla del diseño más sencillo de todos, uno de un factor de diseño con dos niveles discretos. Existen programas de computación excelentes que extienden la técnica a diseños más complejos. Sin embargo...
- ▶ Puesto que los datos (del paso 13 del proceso de diseño, ver capítulo 5.4) aprovechados por los cálculos provienen del muestreo mientras que los datos tomados en el estudio verdadero serán otros (y posiblemente con un cambio interesante en la población estadística de datos), los cálculos del n mínimo son crudos como mucho.
- ▶ Si los datos preliminares son de intervalo pero no cumplen bien con los supuestos (apenas mencionados y nunca tenidos en cuenta por su computadora), los n estimados son menos exactos todavía.
- ▶ Se puede aplicar las técnicas a datos ordinales pero sólo con el reconocimiento explícito de que los n que salgan serán... menos exactos todavía.
- ▶ Como dicen Nakagawa & Cuthill (2007), “el análisis de la potencia [un casi sinónimo para el proceso de estimar los n mínimos] es correcto por razones incorrectas.” Eso quiere decir que los procedimientos de la inferencia estadística en que se basan las técnicas han sido descartados por muchos estadísticos del siglo XXI y del XX. Sin embargo, las estimaciones que brindan de n todavía están al mismo orden de magnitud, por lo menos, que los n que usted realmente debería intentar alcanzar.

En fin, aproveche estas técnicas sólo para darse una idea cruda de la magnitud de los n que serán necesarios (paso 14 del capítulo 5.4) para poder

evaluar objetivamente su Pregunta básica, alguna variante de “¿Cómo varía Y , entre los ejemplares i de las diferentes condiciones de X ?”

Finalmente cabe mencionar que existen técnicas análogas para estimar el n mínimo de unidades de respuesta (casos) en diseños con niveles continuos. Sin embargo, desconfiamos completamente de ellas, por la simple razón ya discutida en el capítulo 5.5: asumen que la relación subyacente entre la variable de respuesta y el factor de diseño es... una línea recta.

APÉNDICE 5.C. RECURSOS PARA LOS LECTORES LATINOAMERICANOS

Muchos pero no todos los recursos bibliográficos citados en este apéndice del **texto original** son todavía útiles. Un número significativo de ellos ya se encuentran en ediciones nuevas. Hemos citado las ediciones nuevas, y otros textos claves, como correspondían en los capítulos 5.1 – 5.10. La sección sobre recursos técnicos es irrelevante ya que la computadora, para bien o para mal, ya es una herramienta indispensable, y casi todos los lectores del **texto original** y este Suplemento tendrán acceso a una. Muchas de las personas en la sección sobre recursos humanos, y muchas más cuyos nombres no se encuentra allí, todavía pueden brindarle una tremenda ayuda. La excepción es la lista de nombres y direcciones en la subsección “para obtener ayuda con la extensión del alcance de la indagación”. Esa lista ya no es útil debido al tremendo recambio de “personas claves” durante la década en los acercamientos discutidos en los capítulos 10 y 5.10. Si usted quiere comunicarse con “compatriotas claves” suyos en uno o más de aquellos acercamientos, le invitamos a enviarnos un email: peter.feinsinger@nau.edu e iralysv@gmail.com.

APÉNDICE 5.D. DISEÑO Y ESTADÍSTICA SIN JERGA: UNA OBRA DE TEATRO EN DOS ACTOS

Después de cientos de repeticiones de la obra de teatro, por lo menos el acto I (apenas llegamos al acto II), durante la última década la hemos afinado considerablemente, con numerosos refinamientos y aderezos, ¡obvio! tales como la coronación de la Reina y Princesa de Chirimoya (particularmente graciosa en un curso de la indagación guardaparqueña). Ahora se presenta las Preguntas según una secuencia bien razonada de Observación, Concepto de Fondo e Inquietud Particular. Sin embargo, las demás afinaciones hablan de detalles que requerirían no sólo una familiaridad íntima con la obra de teatro sino también explicaciones largas para que usted las incorpore.

El guión básico y la moraleja imprescindible del acto I de la obra no han cambiado. Sólo le sugerimos dos cosas: (1) que compre pelucas rubias y plateadas (y de otros colores) para las “mujeres”, y narizones “tipo Groucho Marx” (con anteojos y bigote) para los “varones”, en un cotillón o tienda de juguetes; (2) que el nombre del continente no sea Lemuria sino algo más familiar, por ejemplo el nombre de su país letrado al revés o mezclando las letras de otra manera (Anitnegra, Úrep, Livobia por ejemplo); y (3) que aparte de Aguacate y Palta por un lado y Guanábana y Chirimoya por otro, las ciudades, ríos y otros rasgos geográficos de su mapa también sean nombres familiares a los participantes pero modificados (el Río Paranada y la ciudad de Malos Aires, por ejemplo).

Y si llega al acto II, ¡esperamos que pueda pensar en un ejemplo mejor que el de la fábrica de bluyines (blue jeans, pitusas...).

ANEXOS

ANEXO 5.I

Ecología en Bolivia 47(1): 1-6, Abril 2012. ISSN 1605-2528.

Editorial

Lo que es, lo que *podría ser* y el análisis e interpretación de los datos de un estudio de campo**What is, what *might be*, and the analysis and interpretation of field data****Peter Feinsinger**

Wildlife Conservation Society
Pasaje El Astillero N° 8, (4401) Vaqueros, Salta, Argentina
E-mail: peter.feinsinger@nau.edu

El ecólogo que pretende seguir una u otra versión del método hipotético deductivo propone una hipótesis de trabajo general y de ella deduce una predicción particular que, planteada debidamente, precisa "Si la hipótesis es válida y si mi estudio delimitado en el espacio y el tiempo cumple con sus precondiciones, entonces encontraré una relación tal entre Y y X." Asimismo, el ecólogo que pretende seguir el ciclo de la indagación (Fig. 1; Feinsinger 2004, Feinsinger *et al.* 2010) plantea un concepto de fondo general prendido por su observación de un fenómeno en su entorno, una inquietud particular (a menudo el concepto de fondo a escala del mismo entorno) y una bien planteada pregunta de trabajo que precisa "En el espacio tal y el periodo de tiempo tal, ¿cómo varía Y entre las unidades de respuesta *i* de las diferentes clases (niveles) X?" Entonces cada ecólogo diseña el estudio que mejor pruebe la predicción o mejor conteste la pregunta, respectivamente. Una vez precisado y afinado el diseño, toma los datos; luego los analiza, descubriendo las tendencias generales entre ellos y las excepciones llamativas. Ahora reflexiona sobre el significado biológico, las posibles causas y extrapolaciones e implicaciones de los hallazgos. Finalmente el ecólogo redacta un manuscrito para la tesis o para la publicación científica, consistiendo en la introducción (= planteamiento de la pregunta del ciclo de la indagación, Fig. 1), métodos, resultados (= la acción) y la discusión (= la reflexión).

Lo que es y su análisis estadístico

Al terminar el trabajo de campo el ecólogo vuelve a su institución con miles de datos tomados fielmente según el diseño del estudio. El conjunto de N datos constituye *lo que es* (técnicamente, lo que era) según aquel diseño y el azar del muestreo: Cada unidad de respuesta *i* está caracterizada por un valor o registro de Y, sea que haya submuestreado (tomado más de un dato por unidad de respuesta a fin de darle un valor más confiable de lo que está midiendo a la unidad como un todo) o no. Los datos obtenidos constituyen la respuesta directa a la pregunta original y deben ser presentados en un gráfico o tabla. Sin embargo, con el gráfico o tabla al ecólogo le podría ser difícil ver una tendencia o la falta de ésta. Entonces, emprende el *análisis estadístico* para resumir, entender mejor y presentar más claramente los resultados: Calcula *estadísticos de la(s) muestra(s)*, como la media aritmética más la desviación estándar. Sin embargo, debería reconocer que al resumir las tendencias, ya no está contestando directamente su pregunta inicial (que incluía todos los datos tomados, no los promedios ni grados de variación en promedio).

Hay un sinnúmero de análisis estadísticos, desde los más sencillos (p.e. la media aritmética y la desviación estándar) hasta los más complejos (como la estadística multivariante). Pero ¡cuidado! los análisis estadísticos, hasta los usados con mayor frecuencia, pueden resumir excesivamente,

P. Feinsinger

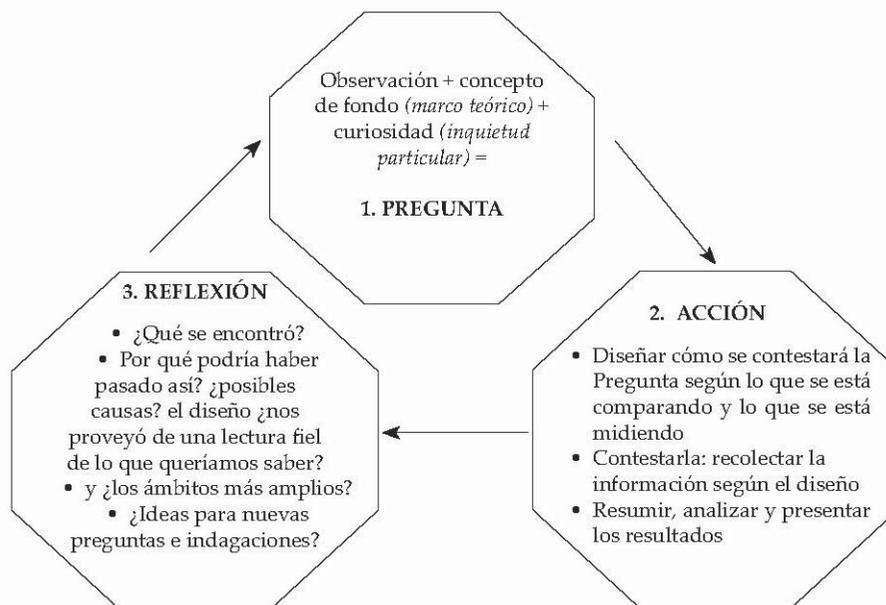


Figura 1. El ciclo de la indagación, modificado ligeramente de Feinsinger *et al.* (2010).

distorsionar y hasta tergiversar *lo que es*. El simple cálculo de la media aritmética y la varianza puede resumir excesivamente. El simple análisis de regresión lineal (y más todavía las regresiones múltiples y análisis GLM) puede distorsionar: ¿cuántos fenómenos ecológicos en el campo presentarían una relación lineal entre Y y X? ¿No sería mejor aplicar análisis estadísticos que no asuman una relación lineal entre lo que se compara y lo que se mide (ver Keele 2007)? El simple índice de diversidad de especies - una forma particular de estadístico de la muestra - tergiversa por completo los datos de la biodiversidad (Feinsinger 2004: cap. 9). Lo menos que se puede decir de los índices de diversidad de especies es que pierden la información de mayor significado biológico: Las identidades de las especies y su abundancia relativa. Así, los análisis estadísticos de *lo que es* (los resultados) pueden ser útiles y a menudo necesarios, pero también pueden ser peligrosos. ¿La solución? Presentar bien los datos originales según el diseño, un dato por cada unidad de

respuesta; y no dejar de emplear el análisis estadístico, pero cuestionar la relevancia biológica de cada alternativa.

Lo que *podría ser* I: La inferencia estadística

¿Nos quedamos con los datos tomados? o ¿deberíamos reconocer la posibilidad en que la tendencia o falta de tendencias entre ellos sea ilusoria? Es imprescindible que reconozcamos esa posibilidad y teóricamente pueda ser evaluada cuantitativamente mediante la *inferencia estadística*. Esta es la manera de aprovechar los datos tomados (*lo que es*) y los estadísticos de la muestra ya calculados para inferir hacia *lo que podría ser*: los datos tomados junto a los no tomados, los que en teoría podrían obtenerse si pudiéramos seguir muestreando bajo las mismas condiciones que produjeron los datos tomados.

Es muy probable que la clase de inferencia estadística que un ecólogo emplea sea una

prueba. Las pruebas estadísticas se refieren al “NHST”, el probar la significación de la hipótesis nula (en inglés: null hypothesis statistical testing). La inquietud al fondo del NHST es ¿cuál es la probabilidad de que las tendencias mostradas por los datos tomados o *tendencias más llamativas todavía*, podrían obtenerse por muestrear al azar una población estadística de datos sin ninguna tendencia entre ellos? Esa probabilidad se llama P . Tradicionalmente dejamos que el valor de P decida el significado (la significación) de la tendencia entre los datos tomados: $P \leq 0.05 =$ significativa, $P > 0.05 =$ no significativa.

Sin embargo, el NHST ya está desacreditado entre la mayoría de los estadísticos y científicos no biólogos (Cohen 1994, Hubbard & Lindsay 2008, Silva-Ayçaguer *et al.* 2010) y entre cada vez más ecólogos y biólogos de la conservación (Johnson 1999, Fidler *et al.* 2005, Estay & Naulin 2011). El NHST resulta principalmente de una sola persona, R.A. Fisher (Hurlbert & Lombardi 2009). Hay numerosas críticas fuertes del mal uso, abuso y uso excesivo del NHST (Fidler *et al.* 2006, Lombardi & Hurlbert 2009). Y ¿qué quiere decir un valor de P , ya que (a) refleja más que nada el tamaño de la muestra, (b) no habla de la magnitud del efecto de X sobre Y y (c) por lo tanto no tiene relación con el significado biológico (Feinsinger 2004)?

El simple cálculo de los *intervalos de confianza* basado en los estadísticos de la muestra y la comparación de los intervalos de confianza entre muestras es mucho más fácil de interpretar y aplicar que las pruebas estadísticas (Nakagawa & Cuthill 2007). Pero los intervalos de confianza en sí no son una panacea (Hurlbert & Lombardi 2009). Sus cálculos, como los de las pruebas paramétricas del NHST, incluyen supuestos matemáticos con los que nuestros datos ecológicos casi nunca cumplen. El significado biológico de las comparaciones de los intervalos de confianza sigue eludiéndonos, aunque no tanto como el del NHST. Sin embargo, el cálculo de intervalos de confianza sobre la *magnitud del efecto* (Cohen

1988, Nakagawa & Cuthill 2007) sí habla directamente del significado biológico de los datos tomados más los no tomados. De todos los acercamientos de la inferencia estadística tradicional o “frecuentista”, la estimación de intervalos de confianza sobre la magnitud del efecto según las técnicas de remuestreo es la más confiable y menos desacreditada (Mielke & Berry 2001, D. Denis Ávila 2012, com. pers.).

Ente los acercamientos “no frecuentistas” a la inferencia estadística también hablan directamente del significado biológico. La estadística bayesiana, el criterio de información de Akaike y otros modelos teóricos de información (en inglés: IT models, Stephens *et al.* 2007) están cada vez más usados en la ecología y la conservación biológica (Fidler *et al.* 2006). Sin embargo, despiertan nuevas dudas (Hurlbert & Lombardi 2009). Sin que el investigador conozca bien la historia natural de lo que estudia, su selección *a priori* de modelos (paso necesario para la mayoría de estos acercamientos) puede carecer de relevancia. Los acercamientos incluyen supuestos matemáticos con los cuales nuestros datos casi nunca cumplen y su precisión y exactitud dependen notoriamente del tamaño de la muestra; pero estos hechos son menos reconocidos, evidentes y más fáciles de ignorar que en la inferencia frecuentista. La interpretación biológica de los resultados no es fácil. La observación que los acercamientos no frecuentistas están de moda no significa que sean confiables a la hora de aplicarlos a los datos de campo.

Debemos reconocer que las tendencias entre los datos tomados podrían representar bien o mal las tendencias reales, pero desconocidos, a través de los datos tomados sumados a los no tomados. El propósito de la inferencia estadística es admirable: Provee las herramientas para aprovechar los datos tomados y poner probabilidades sobre *lo que podría ser*. Pero los inventores de las herramientas – quienes discuten mucho entre sí – suponen que los usuarios de sus inventos hayan tomado muchos datos al azar con

respecto a una población estadística de datos que refleje la pregunta original y satisfaga los requisitos matemáticos; además que conozcan bien la manera de emplear debidamente las herramientas. Muy pocos trabajos en ecología cumplen con esos supuestos. Es como si los ecólogos fuéramos niños preescolares y los inventores de las herramientas, las maestras. Sin malas intenciones, ellas abrieron la puerta de un salón llena de motosierras prendidas, nos dijeron “¡Jueguen niños!” y salieron. ¿El resultado? Adivinen. ¿La solución? Diseñar el estudio más fuerte y riguroso que sea posible, para que *lo que es* (los datos tomados) nos dé una lectura fiel *con poca duda* de cómo varía lo que medimos (Y) entre lo que comparamos (las unidades de respuesta *i* de las diferentes clases X) y *quedarnos con eso, sin abrir la puerta del salón de las motosierras* - o formarnos bien como forestales cuidadosos a fin de poder aplicar debidamente las motosierras a *lo que podría ser*.

Lo que *podría ser* II: La Reflexión

La reflexión (Fig. 1) trata sobre otras perspectivas de *lo que es* y *lo que podría ser*. Al comienzo de la reflexión (o primer párrafo de la discusión del manuscrito), miramos los resultados desde cierta distancia y nos preguntamos ¿cuáles son las tendencias entre los datos tomados y las excepciones llamativas de esas tendencias? Sobre esa base especulamos. Primero nos preguntamos ¿por qué *podría haber resultado así*? Debemos reconocer que *lo que es* ya terminó, al final de aquella mirada de los resultados. Ahora estamos hablando de *lo que podría ser* o más precisamente de *lo que podría haber sido* (causas explicativas de los resultados). Debemos cambiar los verbos indicativos o ciertos por los verbos condicionales o con algún grado de incertidumbre (“*podría ser que*”, “*podría haber sido que*”, “*podría deberse a*”, “*proponemos que*”, “*es posible que*”, “*es probable que*”, “*es casi cierto que*”, pero **nunca** “*es*” o “*se debe a*”). Sabemos sólo los datos tomados dentro del

ámbito espacial y temporal del muestreo. No hemos comprobado las causas responsables y no podemos extrapolar a espacios o tiempos fuera de aquel ámbito como si fuera “*es así*”.

En fin, como dijo el tutor de Simón Bolívar “*hay razón de dudar de toda aseveración que no sea el resultado de un trabajo consumado*” (Rodríguez 1840). El problema es nuestra tendencia humana de aseverar, afirmar y generalizar excesivamente. La solución: Diferenciar claramente entre *lo que podría ser* y *lo que es* por el uso adecuado de los verbos; y aprovechar *lo que podría ser* para cumplir con la última fase de la reflexión (Fig. 1), especulando creativamente sobre lo que podría pasar bajo otras condiciones y proponiendo nuevas indagaciones.

Lo que *podría ser* III: La modelación

Algunos resultados y algunas especulaciones de la reflexión pueden someterse a la modelación. En los trabajos de la ecología, el manejo de fauna y muchos otros campos se encuentra cada vez más modelación. Unas modelaciones aprovechan los datos tomados (*lo que es*) para tratar aquella última frase de la reflexión: ¿qué *podría suceder* si cambiáramos las condiciones? Ejemplos incluyen la modelación de los efectos de cambios climáticos sobre la distribución y supervivencia de especies particulares o sobre la composición de la biota como un todo. Otras modelaciones aprovechan los datos tomados (*lo que es*) para predecir lo que *podría ser* si pudiéramos hacer censos completos, por ejemplo la modelación de la rarefacción para estimar la riqueza de especies S o la de la ocupación de hábitats (en inglés: *habitat occupancy models*). Todos los modelos necesariamente incluyen simplificaciones y no sólo supuestos matemáticos (como es la inferencia estadística), sino también biológicos. Los resultados de la modelación no son resultados del estudio, sino son especulaciones cuantitativas sobre lo que *podría suceder* si nuestro muestreo inicial o las condiciones bajo las cuales lo realizamos fueran diferentes. Así

casi siempre pertenecen a la fase de reflexión (Fig. 1) o la discusión del manuscrito.

La modelación está de moda. Es más barato, rápido, cómodo y fácil modelar que pasar años en el campo tomando abundantes datos según un diseño riguroso y descubriendo las sorpresas y complejidades de la historia natural (Lindenmayer & Likens 2011). Es imprescindible para el manejo adaptativo (en inglés: adaptive management) y otros campos, pero debemos reconocer que la modelación es sólo la reflexión cuantitativa y que la calidad y confiabilidad de los resultados (*lo que es*) depende de las de los datos originales ingresados en los programas de computación. Los inventores y primeros usuarios de la modelación tomaron bien numerosos datos (ver el prefacio de MacKenzie *et al.* 2006). Pero por ignorancia o porque quieren publicar rápido, muchos usuarios posteriores toman pocos datos y/o toman mal los datos. El programa de modelación funciona igual y conduce a resultados cuantitativos e impresionantes, pero ¿qué significan? La modelación es más joven que la inferencia estadística, pero es más susceptible todavía al uso excesivo, mal uso y abuso. Las consecuencias del uso indebido pueden ser graves, ya que se emplea mucho en el manejo y la conservación. Tengamos cuidado.

En resumen, no confundamos *lo que es* con *lo que podría ser* en lo que calculamos, escribimos y pensamos, menos todavía en lo que aplicamos al manejo y la conservación. Recordemos las palabras de un cubano naturalista (entre otras cosas) del siglo XIX, José Martí (Váldes Galárraga 2004): "Es un presumido el que se crea más sabio que la naturaleza" y "¡Qué tristeza, ver tanto y saber tan poco!".

Agradecimientos

Agradezco a M. Moraes, M. Nuñez-Regueiro y I. Ventosa los comentarios sobre el manuscrito y a D. Denis, A. Tálamo y C. Trucco por las discusiones que han contribuido mucho a las perspectivas presentadas aquí. Dedico el

editorial a R. B. Root, mentor sin par, gran naturalista y gran ecólogo que está para despedirse de nosotros y pasar de "lo que es" a "lo que podría ser".

Referencias

- Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences, 2^{da} ed. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva Jersey. 567 p.
- Cohen, J. 1996. The earth is round ($p < .05$). *American Psychologist* 49: 997-1002.
- Estay, S. A. & P. I. Naulin. 2011. Data analysis in forest sciences: why do we continue using null hypothesis significance tests? *Bosque* 32: 3-9.
- Feinsinger, P. 2004. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz. 242 p.
- Feinsinger, P., C. Pozzi, C. Trucco, R. L. Cuéllar, A. Laina, M. Cañizares & A. Noss. 2010. Investigación, conservación y los espacios protegidos de América latina: una historia incompleta. *Ecosistemas* 19(2). <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=645>
- Fidler, F., M. A. Burgman, G. Cumming, R. Buttrose & Neil Thomason. 2006. Impact of criticism of null-hypothesis significance testing on statistical reporting practices in conservation biology. *Conservation Biology* 20: 1539-1544.
- Hubbard, R. & R. M. Lindsay. 2008. Why *P* values are not a useful measure of evidence in statistical significance testing. *Theory & Psychology* 18: 69-88.
- Hurlbert, S. H. & C. M. Lombardi. 2009. Final collapse of the Neyman-Pearson decision theoretic framework and rise of the neoFisherian. *Annales Zoologici Fennici* 46: 311-349.
- Johnson, D. H. 1999. The insignificance of statistical significance testing. *Journal of Wildlife Management* 63: 763-772.

P. Feinsinger

- Keele, L. 2008. Semiparametric regression for the social sciences. Wiley, Hoboken. 213 p.
- Lindenmayer, D. B. & G. E. Likens. 2011. Losing the culture of ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America* 92: 245-246.
- Lombardi, C. M. & S. H. Hurlbert. 2009. Misprescription and misuse of one-tailed tests. *Austral Ecology* 34: 447-468.
- MacKenzie, D. I., J. J. Nichols, J. A. Royle, K. H. Pollock, L. L. Bailey & J. E. Hines. 2006. *Occupancy estimation and modeling*. Elsevier, Boston. 324 p.
- Mielke, P. W. & K. J. Berry. 2001. *Permutation methods: a distance function approach*. Springer Verlag, Nueva York. 352 p.
- Nakagawa, S. & I. C. Cuthill. 2007. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biological Reviews* 82: 591-605.
- Rodríguez, S. 1840. *Sociedades americanas en 1828. Primera parte. Luces y virtudes sociales*. Imprenta del Mercurio, Valparaíso. 82 p.
- Silva-Ayçaguer, L. C., P. Suárez-Gil & A. Fernández-Somoano. 2010. The null hypothesis significance test in health sciences research (1995-2006): statistical analysis and interpretation. *BMC Medical Research Methodology* 2010 (10) : <http://www.biomedcentral.com/1471-2288/10/44>.
- Stephens, P. A., S. W. Buskirk & C. M. del Río. 2007. Inference in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 192-197.
- Váldez Galárraga, R. 2004. *Diccionario del pensamiento martiano*. Editorial de Ciencias Sociales, La Habana. 785 p.

ANEXO 5.II. LA ÉTICA EN LOS ESTUDIOS DE CAMPO⁴

Cuando pequeños, nuestra curiosidad innata nos llevó con frecuencia a querer abrir cualquier recipiente cerrado para ver qué hay en su interior, o a desarmar juguetes y relojes con la intención de encontrar aquello que hace posible que se muevan. Muchos de nosotros no resistimos la tentación de arrancarle los pétalos a una flor o incluso a abrir una lombriz terrestre para ver cómo es por dentro. Si de niños no alcanzábamos a entender y reflexionar sobre las consecuencias de esos actos, de adultos tenemos la responsabilidad de tomar en cuenta las implicancias de nuestras acciones, en particular cuando nos llamamos biólogos de la conservación.

Tanto si estamos indagando sobre nuestro entorno natural o sobre nuestra comunidad humana, nuestra acción involucra a otros y tiene efectos sobre ellos. En muchos casos la indagación lleva a la manipulación de las plantas o animales que estudiamos o a la modificación de los ambientes donde viven. Casi siempre esta manipulación tiene consecuencias, mayores o menores, para ellos. Nos toca pensar en los “puntos de vista” de los seres que estamos manipulando. Lo que para nosotros significa “cómodo, bien comido y calentito” para un animal enjaulado o anillado, por ejemplo, puede ser una tortura aunque no grite ni se exprese como nosotros y, por tanto, no sepamos interpretarlo.

El proceso de indagar no sólo puede afectar el bienestar de las lombrices, hormigas, mariposas, plantas, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos desde los pequeños mamíferos del piso de bosque hasta los monos y yagaretés sino también a los seres humanos. Aquellas indagaciones sociales basadas en encuestas o entrevistas requieren que las personas nos dediquen tiempo, alejándose de sus actividades cotidianas para compartir con nosotros sus opiniones, conocimientos, experiencias e información sobre la cacería, el uso de plantas nativas, las costumbres, los animales locales y más. Es necesario, por lo

tanto, que preparemos cuidadosamente la encuesta o entrevista, pues de lo contrario podría incidir en las emociones y la autoestima de las personas, incluso provocando que se pongan molestas, avergonzadas, tristes o enojadas.

En cualquiera de los dos casos, las indagaciones biológicas o las sociales, debemos ser concientes de que nuestra acción puede tener consecuencias sobre los seres vivos involucrados. Por eso debemos reflexionar si la respuesta o el objetivo que se espera (por lo general el aprendizaje y luego la conservación y/o el manejo) justifica las perturbaciones que tendremos sobre los otros involucrados. Por ejemplo, si nos interesa la conservación de los yagaretés ¿se justifica atrapar y anesteciarlos (siempre alterándolos y corriendo el riesgo de matarlos), y colocarles un estresante radiocollar a los sobrevivientes, sólo para poder estimar otra vez más los movimientos de los yagaretés e impresionar a los donantes (a los cuales no mencionamos los que se murieron en el proceso ¡obvio!)? Si nos interesa el posible efecto de la tala de bosque o del ganado sobre las lagartijas ¿se justifica recolectar y envasar las lagartijas encontradas a lo largo de nuestros transectos, o devolverlas vivas pero luego de cortar sus dedos para poder identificar los individuos? Tal vez haya maneras menos perturbadoras para obtener la información más útil a la conservación y manejo. Tal vez haya información que teóricamente sería interesante obtener desde el punto de vista de la ciencia básica y nos intrigaría saber pero que cuyo valor cuestionamos al reconocer el daño ocasionado por el proceso de obtenerla.

Es entonces la responsabilidad de quien investiga o guía una indagación, llevar a cabo una reflexión previa (aquí en el paso 15) para analizar las consecuencias de la investigación. Si el mismo conocimiento puede ser aprendido produciendo menos o ningún daño, la persona que considera la ética como parte de una conservación integral elegirá esta alternativa. Cuando determinados trabajos involucran el sufrimiento o sacrificio de otros seres, se puede decidir no hacerlo o esforzarse por reemplazarlo. Lo que queremos decir es que hacer investigación éticamente *no significa no tocar*

4 Modificado sustancialmente del capítulo 4 de Arango *et al.* (2009: pp. 94-97); basado en un ensayo de Andrea Caselli.

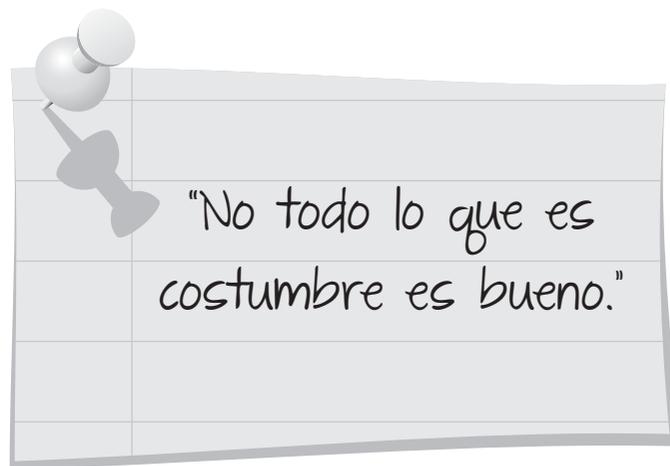
las plantas y animales o no interactuar con otras personas, sino aprender a minimizar el impacto lo más posible sin sacrificar el aprendizaje y la utilidad a la conservación y el manejo. ¡No es ético imponer la ética! El desafío para usted será entonces, buscar el balance entre los “costos” para los seres vivos involucrados en su indagación y los “beneficios” de lo aprendido a partir de la misma, es decir ***pensar antes de hacer***.

Por otro lado, la ética involucra no sólo la manera en que tratamos con los seres humanos y otros seres vivos sobre los que estamos indagando sino también la manera en que tratamos con el diseño y los resultados del paso de la Acción. Si la Pregunta es ¿cómo varía la tendencia política entre los carpinteros y los albañiles de Costa Rica? y entrevistamos a un solo carpintero y un solo albañil, cada uno veintisiete veces (ver el paso 12, capítulo 5.4), la indagación no es una prueba justa de la Pregunta porque solamente conocemos la opinión de una persona particular dedicada a cada oficio. Peor todavía, si encontramos que el carpintero entrevistado es liberal y el albañil es conservador y en la Reflexión concluimos que “los carpinteros costarricenses son liberales y los albañiles costarricenses son conservadores”, hemos cometido un serio error más allá del pecado mortal de la seudorreplicación, una injusticia grave que podría tener consecuencias sociales. Con respecto a esto, la ética consiste en diseñar la Acción de tal forma que sea una prueba justa de la Pregunta. Así, al concluir la Acción y emprender la Reflexión podremos distinguir cuidadosamente entre *lo que es* (los datos que obtuvimos según el diseño empleado) y *lo que podría ser* (nuestras extrapolaciones, especulaciones, generalizaciones y propuestas).

Lamentablemente los biólogos de la conservación y ecólogos tendemos a querer hacer aseveraciones tan extremas como la de los albañiles conservadores y los carpinteros liberales: hablar de lo que podría ser (generalizaciones con base en unos pocos datos de una investigación muy limitado en el espacio y el tiempo) como si fuera lo cierto, lo verdadero, lo que *nosotros* descubrimos, es decir lo que *es* aunque realmente lo que *es* terminó con aquellos pocos datos. También queremos, consciente o inconscientemente,

reafirmar nuestras ideas preconcebidas, lo que nos lleva a ignorar o esconder los hallazgos que no las apoyan. Si vamos a ser investigadores éticos, debemos resistir estas dos tentaciones universales. Es más fácil aprender de pequeños que de adultos lo incorrecto de excluir el dato “no previsto” que contradice nuestras ideas preconcebidas o excluir todos los datos si el patrón o falta de patrón entre ellos deja de concordar con nuestras esperanzas. Debemos hacer el esfuerzo consciente de reflexionar sobre este punto. ¡Seamos fieles a los resultados de la indagación! En vez de borrar los resultados que no “queremos”, siempre será mucho más útil preguntarnos acerca de las posibles causas que llevaron a que esos datos “raros” hayan sido tal o cual. De este modo, no sólo seremos éticos sino que también aprenderemos más aún de nuestra indagación y aplicaremos mejor aún lo aprendido.

Para terminar esta sección, reflexionando sobre tantas prácticas de indagar sobre “la conservación” que se repiten desde hace años sin pensar en la ética de la investigación y del investigador, le ofrecemos el siguiente relato. Una compañera estaba preocupada por un perro flaco y sarnoso, pero como la gente del lugar era muy pobre y a su vez no tenían a sus propios hijos en un estado óptimo ella sólo comentó, con la intención de que nadie se sintiera mal “es costumbre que estén así”, a lo que un señor del lugar, que la venía observando y parecía muy sensible, respondió:



BIBLIOGRAFÍA

- Andreason, J. K., R. V. O'Neill, R. Noss & N. C. Slosser. 2001. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. *Ecological Indicators* 1: 21-35.
- Andresen, E. 2005. Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica* 37: 291-300.
- Arango, N., M. E. Chaves & P. Feinsinger. 2009. Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela. Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, Santiago, Chile.
- Arellano, L. & G. Halffter. 2003. Gamma diversity: derived from and a determinant of alpha diversity and beta diversity. An analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 90: 27-76.
- Barlow, J., L. A. M. Mestre, T. A. Gardner & C. A. Peres. 2007. The value of primary, secondary and plantation forests for Amazonian birds. *Biological Conservation* 136: 212-231.
- Barlow, J., T. A. Gardner, A. C. Lees, L. Parry & C. A. Peres. 2012. How pristine are tropical forests? An ecological perspective on the pre-Columbian human footprint in Amazonia and implications for contemporary conservation. *Biological Conservation* 154: 1-8.
- Battisti, C. & L. Contoli. 2011. Diversity indices as 'magic' tools in landscape planning: a cautionary note on their uncritical use. *Landscape Research* 36: 111-117. <http://dx.doi.org/10.1080/01426397.2010.535896>
- Berenson, M. L. & D. M. Levine. 1996. Estadística básica en administración. 6^{ta} edición. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México D.F., México.
- Biau, D. J., B. M. Jolles & R. Porcher. 2010. P value and the theory of hypothesis testing: an explanation for new researchers. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 468: 885-892.
- Billick, I. & M. V. Price, eds. 2010. The ecology of place: contributions of place-based research to ecological understanding. University of Chicago Press, Chicago, Illinois EE.UU..
- Bortulus, A. 2012. Running like Alice and losing good ideas: on the quasi-compulsive use of English by non-native English speaking scientists. *Ambio* 41: 769-772.
- Brown, J. H., C. G. Curtin & R. W. Braithwaite. 2003. Management of the semi-natural matrix. pp. 328-342. En P. G. A. Bradshaw & P. A. Marquet, eds. How landscapes change: human disturbance and ecosystem disruptions in the Americas. Springer-Verlag, New York, New York EE.UU.
- Carrillo, E., G. Wong & A. D. Cuarón. 2000. Monitoring animal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* 14: 1580-1591.
- Chazdon, R. L., C. A. Harvey, O. Komar, D. M. Griffith, B. G. Ferguson, M. Martínez-Ramos, H. Morales, R. Nigh, L. Soto-Pinto, M. Van Breugel & S. M. Philpott. 2009. Beyond reserves: a research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica* 41: 142-153.
- Collins, J. P. & M. L. Crump. 2009. Extinction in our times: global amphibian decline. Oxford University Press, New York, New York EE.UU.

- Compin, A. & R. Cèrèghino. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). *Ecological Indicators* 3: 135-142.
- Couceiro, S. R. M., N. Hamada, B. R. Forsberg, T. P. Pimentel & S. L. B. Lutz. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators* 18: 118-125.
- Dale, V. H. & S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- DeKeyser, E. S., D. R. Kirby & M. J. Ell. 2003. An index of plant community integrity: development of the methodology for assessing prairie wetland communities. *Ecological Indicators* 3: 119-133.
- DeLuca, T. H., W. A. Patterson IV, W. A. Freimund & D. N. Cole. 1998. Influence of llamas, horses, and hikers on soil erosion from established recreation trails in western Montana, USA. *Environmental Management* 22: 255-262.
- Domínguez, E. & H. Fernández, eds. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Ebenman, B. & S. G. Nilsson. 1982. Components of niche width in a territorial bird species: habitat utilization in males and females of the chaffinch (*Fringilla coelebs*) on island and mainland. *American Naturalist* 119: 331-344.
- Farji-Brener AG. 2009. ¿Ecólogos o ególogos? Cuando las ideas someten a los datos. *Ecología Austral* 19: 167-172.
- Feinsinger, P. 2001. Designing field studies for biodiversity conservation. Island Press, Washington DC, EEUU.
- Feinsinger, P. 2004. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN-Bolivia, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Feinsinger, P. 2012. Lo que *es*, lo que *podría ser* y el análisis e interpretación de los datos de un estudio de campo. *Ecología en Bolivia* 47: 1-6.
- Feinsinger, P. 2013. Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica: ¿cuál estoy siguiendo, y por qué? *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 385-402.
- Feinsinger, P. 2014. Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica en los “sitios de estudios socio-ecológicos a largo plazo” y mucho más allá: el Ciclo de Indagación. *Bosque*: en prensa.
- Feinsinger, P. H. M. Tiebout III & B. E. Young. 1991. Do tropical bird-pollinated plants exhibit density dependent interactions? Field experiments. *Ecology* 72: 1953-1963.
- Feinsinger, P, S Álvarez, G Carreño, E Rivera, RL Cuellar, A Noss, F Daza, M Figuera, L García, M Cañizares, A Alegre, A Roldán. 2010a. Local people, scientific inquiry, and the ecology and conservation of place in Latin America. pp. 403-438 En I. Billick y M.V. Price, eds. *The ecology of place: contributions of place-base research to ecological and evolutionary understanding*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois EE.UU.
- Feinsinger P, C Pozzi, C Trucco, RL Cuellar, A Laina, M Cañizares, A Noss. 2010b. Investigación, conservación y los espacios protegidos de América latina: una historia incompleta. *Ecosistemas* 19(2). Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=645>.
- Flecker, A. S. & C. R. Townsend. 1994. Community-wide consequences of trout introduction in New Zealand streams. *Ecological Applications* 4: 798-807.

- Gray, A. N. & D. L. Azuma. 2005. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. *Ecological Indicators* 5: 57-71.
- Guéi, A. M. & J. E. Tondoh. 2012. Ecological preferences of earthworms for land-use types in semi-deciduous forest areas, Ivory Coast. *Ecological Indicators* 18: 644-651.
- Guerrero, A. M., R. R. J. McAllister, J. Corcoran & K. A. Wilson. 2013. Scale mismatches, conservation planning, and the value of social-network analyses. *Conservation Biology* 27: 35-44.
- Halffter, G. & C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. pp. 5 – 17 En G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic, eds. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, vol. 4. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Harvey, C. A., A. Medina, D. M. Sánchez, S. Vílchez, B. Hernández, J. C. Saenz, J. M. Maes, F. Casanoves & F. L. Sinclair. 2006. Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16: 1986-1999.
- Heino, J. & J. Soininen. 2007. Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms? *Biological Conservation* 137: 78-89.
- Hill, K., J. Padwe, C. Bejyvagi, A. Bepurangi, F. Jakugi, R. Tykuarangi & T. Tykuarangi. 1997. Impact of hunting on large vertebrates in the Mbaracayu Reserve, Paraguay. *Conservation Biology* 11: 1339-1353.
- Hoffman, B. D. 2010. Using ants for rangeland monitoring: global patterns in the responses of ant communities to grazing. *Ecological Indicators* 10: 105-111.
- Holling, C. S., ed. 1978. *Adaptive environmental assessment and management*. Wiley, New York, New York EE.UU.
- Hubbard, R. & M. J. Bayarri. 2003. Confusion over measures of evidence (p 's) versus errors (α 's) in classical statistical testing. *American Statistician* 57: 171-178.
- Hurlbert, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187-211.
- Hurlbert, S. H. 2009. The ancient black art and transdisciplinary extent of pseudoreplication. *Journal of Comparative Psychology* 123: 434-443.
- Hurlbert, S. H. & C. M. Lombardi. 2009. Final collapse of the Neyman-Pearson decision theoretic framework and rise of the neoFisherian. *Annales Zoologici Fennici* 46: 311-349.
- Jiménez-Valverde, A. & Joaquín Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
- Johnson, D. H. 1999. The insignificance of statistical hypothesis testing. *Journal of Wildlife Management* 63: 763-772.
- Kattan, G. H., P. Franco, C. A. Saavedra-Rodríguez, C. Valderrama, V. Rojas, D. Osorio & J. Martínez. 2006. Spatial components of bird diversity in the Andes of Colombia: implications for designing a regional reserve system. *Conservation Biology* 20: 1203-1211.
- Keele, L. 2008. *Semiparametric regression for the social sciences*. Wiley, Hoboken, New Jersey EE.UU.
- Kimberling, D. N., J. R. Karr & L. S. Fore. 2001. Measuring human disturbance using terrestrial invertebrates in the shrub-steppe of eastern Washington (USA). *Ecological Indicators* 1: 63-81.

- Larson, B. M. H. 2005. The war of the roses: demilitarizing invasion biology. *Frontiers in Ecology and Environment* 3: 495-500.
- Lawton, J. H. 1996. Corncrake pie and prediction in ecology. *Oikos* 76: 3-4.
- Legendre, P., D. Borcard & P. R. Péres-Neto. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* 75: 435-450.
- Levine, T. R., R. Weber, C. Hullett, H. S. Park & L. L. Massi Lindsey. 2008. A critical assessment of null hypothesis significance testing in quantitative communication research. *Human Communication Research* 34: 171-187.
- Lombardi, C. M. & S. H. Hurlbert. 2009. Misprescription and misuse of one-tailed tests. *Austral Ecology* 34: 447-468.
- Magnusson, W. E. 2002. Diversity indices: multivariate candies from Pandora's box. *Bulletin of the Ecological Society of America* 2002 (January): 86-87.
- McClanahan, T.R. & R. W. Wolfe. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. *Conservation Biology* 7: 279-288.
- Miller, S. G., R. L. Knight & K. Miller. 1998. Influence of recreational trails on breeding bird communities. *Ecological Applications* 8: 162-169.
- Mitchell, M. S., M. C. Yu & T. L. Whiteside. 2010. The tyranny of statistics in medicine: a critique of unthinking adherence to an arbitrary p value. *Cancer Immunology and Immunotherapy* 59: 1137-1140.
- Moya, N., E. Domínguez, E. Goitia & T. Oberdorff. 2011a. Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. *Ecología Austral* 21: 135-147.
- Moya, N., R. M. Hughes, E. Domínguez, F.-M. Gibon, E. Goitia & T. Oberdorff. 2011b. Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human impacts on biotic condition of Bolivian streams. *Ecological Indicators* 11: 840-847.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 2002. Aims and methods of vegetation ecology. Blackburn Press, Caldwell, New Jersey EE.UU.
- Nakagawa, S. & I. C. Cuthill. 2007. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biological Reviews* (Cambridge) 82: 591-605.
- Naoki, K. 2012. El pasado, presente y futuro en el uso de la estadística en estudios ecológicos en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 47: 79-87.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Nuzzo, R. 2014. Statistical errors. *Nature* 506: 150-152.
- Oliveira, R. B. S., D. F. Baptista, R. Mugnai, C. M. Castro & R. M. Hughes. 2011. Towards rapid bioassessment of wadeable streams in Brazil: development of the Guapiaçu-Macau Multimetric Index (GMMI) based on benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators* 11: 1584-1593.
- Paul, J. F., K. J. Scott, D. E. Campbell, J. H. Gentile, C. S. Strobel, R. M. Valente, S. B. Weisberg, A. F. Holland & J. A. Ranasinghe. 2001. Developing and applying a benthic index of estuarine condition for the Virginian Biogeographic Province. *Ecological Indicators* 1: 83-99.

- Pereyra, L. C. & C. E. Moreno. 2013. Divide y vencerás: revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en sus componentes alfa y beta. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 231-239.
- Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg & M. E. Van der Voort. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598-608.
- Peters, S. L., J. R. Malcolm & B. L. Zimmerman. 2006. Effects of selective logging on bat communities in the southeastern Amazon. *Conservation Biology* 20: 1410-1421.
- Pineda, E., G. Halffter, C. E. Moreno & F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros: cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. pp. 177-190 En G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic, eds. *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, vol. 4. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. pp. 631-654 En E. Domínguez & H. Fernández, eds. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Putz, F. E., P. A. Zuidema, T. Synnott, M. Peña-Claros, M. A. Pinard, D. Sheil, J. K. Vanclay, P. Sist, S. Gourlet-Fleury, B. Griscom, J. Palmer & R. Zagt. 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters* 5: 296-303.
- Quinn, G. P. & M. J. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Quinn, J. E., J. R. Brandle, R. J. Johnson & A. J. Tyre. 2011. Applicability of detectability in the use of indicator species: a case study with birds. *Ecological Indicators* 11: 1413-1418.
- Ramage, B. S., D. Sheil, H. M. W. Salim, C. Fletcher, N.-Z. A. Mustafa, J. C. Lurusthusamay, R. D. Harrison, E. Butod, A. D. Dzulkiply, A. R. Kassim & M. D. Potts. 2013. Pseudoreplication in tropical forests and the resulting effects on biodiversity conservation. *Conservation Biology* 27: 364-372.
- Redford, K. H. & P. Feinsinger. 2001. The half-empty forest: sustainable use and the ecology of interactions. pp. 370-399 En J. D. Reynolds, G. M. Mace, K. H. Redford & J. G. Robinson, eds. *Conservation of exploited species*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reid, R. S. & J. E. Ellis. 1995. Impacts of pastoralists on woodlands in South Turkana, Kenya: livestock-mediated tree recruitment. *Ecological Applications* 5: 978-992.
- Rifell, S. K., K. J. Gutzwiller & S. H. Anderson. 1996. Does repeated human intrusion cause cumulative declines in avian richness and abundance? *Ecological Applications* 6: 492-505.
- Rodríguez, D. & R. A. Ojeda. 2011. Patterns of diversity of the Monte Desert small mammals across multiple spatial scales. *Journal of Arid Environments* 75: 424-431.
- Rodríguez, S. 1840. *Sociedades americanas en 1828. Primera parte. Luces y virtudes sociales*. Imprenta del Mercurio, Valparaíso, Chile.
- Sheil, D. 2001. Conservation and biodiversity monitoring in the tropics: realities, priorities and distractions. *Conservation Biology* 15: 1179-1182.

- Southerland, M. T., G. M. Rogers, M. J. Kline, R. P. Morgan, D. M. Boward, P. F. Kazyak, R. J. Klauda & S. A. Stranko. 2007. Improving biological indicators to better assess the condition of streams. *Ecological Indicators* 7: 751-767.
- Southwood, T. R. E. & P. A. Henderson. 2006. *Ecological methods*, 3rd edition. Blackwell, Oxford.
- Stephens, P. A., W. W. Buskirk & C. M. Del Río. 2007. Inference in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 192-197.
- Sutherland, W., ed. 2006. *Ecological census techniques: a handbook*. 2nd edition. Cambridge.
- Tálamo, A., C. E. Trucco & S. M. Caziani. 2009. Vegetación leñosa de un camino abandonado del Chaco semiárido en relación a la matriz de vegetación circundante & el pastoreo. *Ecología Austral* 19: 157-165.
- Thiollay, J.-M. 1992. Influence of selective logging on bird species diversity in a Guianan rain forest. *Conservation Biology* 6: 47-63.
- Tyser, R. W. & C. A. Worley. 1992. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana (U.S.A.). *Conservation Biology* 6: 253-262.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge
- Underwood, E. C. & B. L. Fisher. 2006. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biological Conservation* 132: 166-182.
- Vandermeer, J. & I. Perfecto. 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology* 21: 274-277.
- Vidaurre, M., L. F. Pacheco & A. I. Roldán. 2006. Composition and abundance of birds in Andean alder (*Alnus acuminata*) patches with past and present harvest in Bolivia. *Biological Conservation* 132: 12-21.
- Wallin, T. R. & C. P. Harden. 1996. Estimating trail-related soil erosion in the humid tropics: Jatun Sacha, Ecuador and La Selva, Costa Rica. *Ambio* 25: 517-522.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*, 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey EE.UU.

Acerca de los Autores

El punto culminante del proceso iniciado hace muchas décadas, cuando Peter Feinsinger confundió la palabra "neotropical" con "neártico" llenando el formulario del programa de doctorado en Cornell University y se hizo ecólogo tropical en consecuencia (texto original), es su placentero y agradecido estatus como residente permanente de Vaqueros,

Salta Argentina y esposo de la co autora de este Suplemento, Iralys Ventosa Rodríguez. Realmente la residencia es cuasi permanente ya que Peter e Iralys siguen viajando a través de América Latina, dando cursos y talleres como equipo. Peter sigue siendo profesor adjunto de biología en la Northern Arizona University (Flagstaff, Arizona EE.UU.) y Conservation Fellow de la Wildlife Conservation Society (Nueva York) aunque sus visitas a las dos instituciones no son frecuentes. Para más detalle (un poco), consulte el texto original.

Iralys Ventosa Rodríguez también es Conservation Fellow de la Wildlife Conservation Society. Inició sus estudios dentro de la biología como taxónoma y sistemática de plantas superiores. Estudió en la Universidad de la Habana, Cuba y trabajó por 12 años en el Instituto de Ecología y Sistemática en La Habana. Participó en numerosos proyectos de investigación sobre la flora y vegetación de Cuba y trabajó activamente en el mantenimiento y conservación del Herbario Nacional de Cuba (HAC), institución que dirigió entre el 2008 y el 2010. En el año 2007 participó en su primer taller relacionado con el Ciclo de Indagación, uno del "senderismo indagatorio" celebrado en Santiago de Cuba. A partir de ese momento comenzó a adentrarse en el mundo de la capacitación en indagación de una variedad de públicos incluyendo a los ecólogos y biólogos de la conservación, a pesar de su poca experiencia formal en la Ecología. Después de facilitar varios cursos y talleres a lo largo y "anchuro" de la isla de Cuba, practicando todos los acercamientos del Ciclo de Indagación, en el año 2010 se casó con Peter Feinsinger.

En la actualidad los dos continúan llevando una gran familia de pollos de goma a las sedes de los muchos cursos y talleres. Con esta práctica los autores buscan fomentar en todas sus "víctimas", la capacidad de cuestionar, indagar y reflexionar sobre su entorno, que se sientan aptos para gestionar y ejecutar sus propias decisiones y de esa manera que sean entes activos de la transformación hacia un mundo mejor en nuestra América Latina.



#umahuaca / Fotografía: Nathaniel Wheelwright



