

Puntos y áreas flexibles (PAF) para inventarios rápidos del estado de biodiversidad

Point and flexible area sampling for rapid inventories of biodiversity status

Stephan Halloy^{1*}, Mercedes Ibáñez² & Karina Yager³

¹The Nature Conservancy, Marchant Pereira 367, Oficina 801, Providencia, Santiago, Chile - Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja, Argentina Email: shalloy@tnc.org *Autor para correspondencia

²The Nature Conservancy, Marchant Pereira 367, Oficina 801, Providencia, Santiago, Chile
Email: mibanez@tnc.org

³Biospheric Sciences Branch, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA
Email: karina.a.yager@nasa.gov

Resumen

El método de puntos y áreas flexibles de inventario rápido (PAF) combina los clásicos métodos de intercepción de puntos con áreas de muestreo o cuadrantes; registrando puntos a lo largo de una línea (el método de intercepción de puntos) pero incorporando además un área de uno a varios metros (cuadrante flexible) a cada lado para incluir las especies más raras en forma cuantitativa. Esta combinación resuelve la tensión que existe entre la objetividad de la evaluación de cobertura vs. inclusión de las especies más raras. En el PAF las áreas incluyen a las especies más raras de manera cuantitativa y relacionable con el área muestreada, pero con un mínimo de pisoteo a la vegetación y un mínimo de esfuerzo de muestreo. Esto permite análisis estadísticos más avanzados como obtención de curvas especie-área, derivación de curvas de rango-abundancia y los análisis respectivos, cálculo de índices como los de diversidad de Shannon-Weaver, equitatividad y ajuste lognormal (ΔL), entre otros.

Palabras clave: Conservación, Métodos de muestreo de biodiversidad, Monitoreo, Pastizales, PAF.

Abstract

The point and flexible area sampling method for rapid inventories of biodiversity status (PAF) combines classical methods of point intercepts with quadrat sampling areas. The method registers points along a line (point intercept method), and in addition samples an area of one to several meters (flexible quadrat) on each side of this line to provide a quantitative assessment of the rarer species. Such a combination resolves the tension between the objectivity of cover evaluation vs. the need to include rarer species. PAF areas include a quantitative assessment of species cover in relation to the total sample area, with minimum trampling and minimum sampling effort. This provides information suitable for more advanced statistical analyses such as obtaining species-area relationships, deriving rank-abundance curves and the corresponding analyses, and the calculation of indices such as the Shannon-Weaver diversity index, equitability, distance to the lognormal (ΔL), etc.

Keywords: Biodiversity sampling methods, Conservation, Grasslands, Monitoring, PAF.

Introducción

Para conservar biodiversidad y hacer manejo sustentable de tierras es necesario tener medidas del estado (condición) del sistema con el cual se quiere trabajar y cómo fluctúan esas medidas con el tiempo (mejorando o empeorando según fuerzas externas, incluyendo las decisiones de manejo) (Halloy 2010). Existen decenas o centenares de formas de medir esta condición, dependiendo en gran parte de los objetivos específicos (productivo, conservación, restauración, inventario, determinación de cambio (Parrish *et al.* 2003, Watermolen and Bernthal 2003, Unnasch *et al.* 2009)), recursos (tiempo, costos, capacidades), tipo de terreno e instituciones o propietarios que quieran aplicarlas (Braun-Blanquet 1965, Daubenmire 1968, Stachetti Rodrigues *et al.* 2007, Mayorquín *et al.* 2010).

Aquí se describe en forma sintética un método sencillo, práctico y de mínimo impacto, de relevamiento rápido que combina varias de las metodologías más utilizadas en inventarios de vegetación. Sus ventajas fundamentales consisten en su sencillez, rapidez, bajo impacto en la vegetación y producción de información susceptible de análisis de distribuciones de abundancia y grupos funcionales. Puede usarse por sí sólo, o combinado con otros métodos para complementar su información.

El método de puntos y áreas flexibles de inventario rápido (PAF por sus siglas en inglés de *point and flexible*) combina los clásicos métodos de intercepción de puntos (Scott 1965, Dickinson *et al.* 1992) con áreas de muestreo o cuadrantes (Daubenmire 1968, Pauli *et al.* 1999, Unnasch *et al.* 2009); tomando puntos a lo largo de una línea (el método de intercepción de puntos), pero se incorpora un área de uno a varios metros (cuadrante flexible) a cada lado para incluir las especies más raras en forma cuantitativa. Esta combinación - ya sugerida por varios autores aunque sin considerar coberturas (Costa & Magnusson 2010) - resuelve la tensión que siempre existe en muestreos, entre

la objetividad de la evaluación de cobertura versus la inclusión de las especies más raras.

En el PAF las áreas incluyen a las especies más raras de manera cuantitativa y relacionable con el área muestreada, pero con un mínimo de pisoteo a la vegetación. Esto permite análisis estadísticos más avanzados como obtención de curvas especie-área, derivación de curvas de rango-abundancia y los análisis respectivos, cálculo de índices como los de diversidad de Shannon-Weaver, equitatividad - reconociendo que el valor de estos debe ser relativizado (Magnusson 2002) -, distancia al ajuste lognormal (ΔL) y otros (Magurran 1988, Halloy & Barratt 2007).

Ámbito de aplicación

El método es aplicable a vegetaciones bajas, hasta unos 2-3 m de altura (pastizales, arbustales, pasturas, humedales, o sinusias equivalentes por debajo del dosel de bosques). En ambientes forestales, se corresponde al área de muestreo de las llamadas parcelas Gentry, ampliamente utilizadas en Sudamérica: parcelas de 2 x 50 m (Magnusson *et al.* 2009), aunque en dichas parcelas no se usan líneas de intercepción, el área es fija y las especies inventariadas suelen ser solamente árboles de más de 10 cm de diámetro (DAP). Hasta la fecha de esta publicación, este método se ha probado con resultados eficaces en la estepa patagónica argentina y en pastizales montanos y humedales de Ecuador, Bolivia y Uganda (datos no publicados).

Metodología

Línea

La metodología se basa en el establecimiento de una línea de 50 m (un hilo marcado cada 50 cm en pastizal, en otros tipos de vegetación se pueden tomar distancias mayores), pudiendo variar su largo según el tipo de terreno. La

distancia entre marcas es una decisión práctica, donde se tienen en cuenta los fines del estudio (si se quieren distinguir los individuos de las plantas, las distancias deben ser mayores al diámetro esperado de dichas plantas) y el tamaño potencial del área a muestrear (para secciones pequeñas de un humedal o cumbre puede ser necesario reducir las distancias, o repetir varias líneas paralelas). Criterios importantes a considerar son: Tener un número de puntos suficiente (100 en este caso), que el largo total se encuentre dentro de una asociación relativamente continua y poder replicar la línea varias veces hasta llegar a niveles de especie-área adecuados para el objetivo del estudio (300, 500 puntos o lo que se necesite).

En cada marca de la línea, se baja desde arriba un puntero (palo, alambre) en forma vertical hasta el primer contacto con planta o suelo. El puntero debe ser en lo posible recto y delgado como una aguja de tejer o alambre para facilitar la identificación de un solo punto de toque. En caso de vegetación arbustiva ese contacto puede estar arriba. Simplemente se considera el primer punto que tocaría una gota de lluvia al caer verticalmente. La idea es que la combinación de puntos corresponde a la información del píxel que identifica o registra un satélite y por lo tanto estará expresado (en el promedio de píxeles de mucho mayor tamaño) en la firma espectral de la imagen satelital (por ejemplo, NDVI). De este modo, los porcentajes de cobertura obtenidos de la combinación de

puntos representan la imagen de la vegetación vista desde arriba.

Para cada uno de los puntos o toques, se marca una barra en la planilla (Anexo 1, sp A - II, sp B - I, arena - III, materia orgánica - II y otros). La proporción de cada punto representa su abundancia relativa en porcentaje (ej. sp A - 2%, arena - 4%, sp B - 1%, materia orgánica - 2% y otros) (Fig. 1).

Área flexible (cuadrante flexible)

Terminada la lectura de los puntos sobre la línea, se vuelve mirando a ambos lados de la línea para buscar especies no tocadas. Una pequeña ayuda a esta tarea es que al pasar por primera vez, los observadores van anotando y registrando las especies más raras. En la segunda pasada ya se revisan y anotan formalmente todas las especies no tocadas, con la superficie total que cubren. La evaluación de la superficie cubierta puede realizarse de dos formas según el tipo de planta:

- Para plantas de forma bien definida y relativamente regulares (cojines, rosetas, arbustos), se estima o mide el diámetro de la planta y se multiplica por el número de plantas. En las planillas esto se anota por ejemplo como 12 cm x 5 cm x 4 plantas.
- Para plantas dispersas o de tamaños muy irregulares (algunas hierbas, anuales, plantas reptantes) se evalúa mentalmente

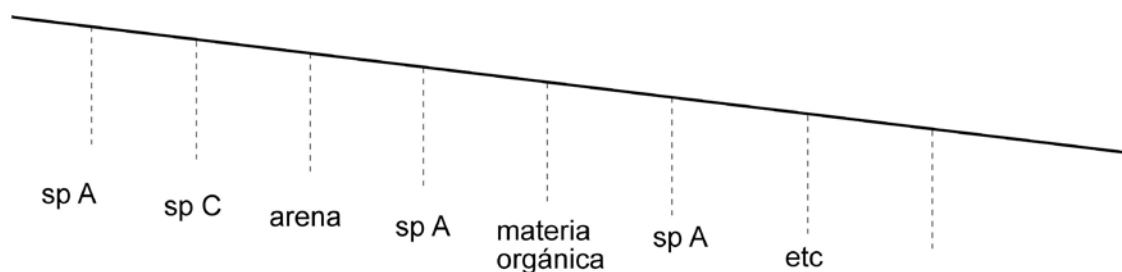


Figura 1. Línea de puntos de intersección (hilo en negro, bajada vertical hasta tocar el primer objeto en línea de puntos).

cuánta superficie cubrirían todas las plantas de dicha especie dentro del cuadrante si se reunieran en un solo grupo. En las planillas esto se anota por ejemplo como 25 x 30 cm. Eventualmente si es muy difícil estimar el área combinada, se pueden sumar áreas parciales: 2 cm x 3 cm + 5 cm x 4 cm y así sucesivamente, aunque esta práctica es más trabajosa y puede llevar a mayor error.

Al no tener que medir las plantas comunes de esta manera (ya que fueron tocadas por el lineante), se elimina una de las grandes desventajas de los muestreos de tipo areal (en general no es práctico medir explícitamente la cobertura de las especies de amplia cobertura). El área de muestreo es flexible, incorporando los principios de *distance sampling* (muestreo a distancia), usados en muestreo de aves y mamíferos grandes (Morrison 2002, Hines

2006). Es decir, el área es definida por la distancia de las plantas a la línea (Fig. 2).

Esto significa que cada superficie de cada especie se divide en el área que corresponda a la distancia dentro de la que fue encontrada, en múltiplos de 1 m. Todas las plantas encontradas hasta 1 m de distancia de la línea, corresponden a plantas que están en el área de 50 m x 2 m (1 m a cada lado de la línea) o sea 100 m². Las plantas encontradas a más de 1 m pero menores de 2 m, corresponden a áreas de 200 m² y así sucesivamente. En la práctica, la idea de un muestreo eficiente y rápido es explorar en detalle solo el primer metro y anotar en los 2 ó 3 m siguientes solamente las plantas que se ven desde la línea central. En el caso de áreas definidas como secciones de cumbres montañosas en el método GLORIA (que proviene del proyecto internacional en inglés: *Global Observation Research Initiative in*

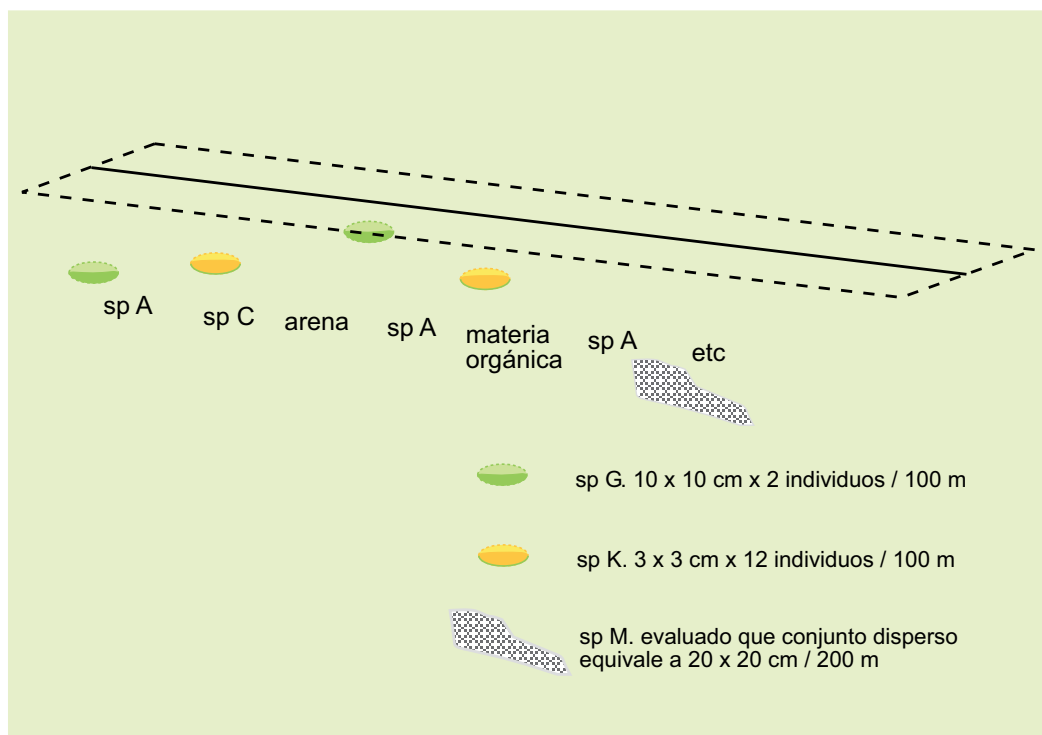


Figura 2. Área alrededor de la línea (líneas de trazos).

Alpine Environments), el área es simplemente el área calculada de la sección cumbral (Pauli *et al.* 2002).

Esfuerzo, tiempo, impacto

En la práctica, un muestreo combinado de este tipo toma algo menos de 1 hora por línea-área de 100 puntos y entre 100-200 m², dependiendo del tipo de terreno, vegetación y capacidad de los observadores.

Típicamente se trabaja con un lector y un escribano. El lector debe conocer lo suficiente las plantas para identificar cada toque. Las especies que no se puedan identificar en campo se las denomina con un nombre de campo y mediante una foto o colección botánica (voucher) se asegura su determinación taxonómica posterior por un experto. Eventualmente el mismo lector puede escribir, aunque esto hace un poco más lento el proceso. Trabajando con dos o tres equipos de a dos, se pueden hacer varias réplicas simultáneas, aumentando la solidez estadística.

Como solo dos personas recorren los 50 m (o la línea que se decida) solo tres (a cuatro) veces entre ida y vuelta, el impacto es menor que en otros tipos de muestreo (1- colocando el hilo,

2- leyendo los puntos y 3- volviendo sobre la misma línea leyendo el área). Se puede recoger el hilo mientras se realiza la tercera pasada (en vegetaciones particularmente frágiles como páramos) o en una cuarta pasada al terminar. Estas recorridas son simples, sin idas y vueltas complejas como lo implican métodos de búsqueda y conteo más detallados, reduciendo el impacto y el tiempo invertido.

Los datos se registran en planillas durante el trabajo de campo. Un listado previo de las especies que se espera encontrar (basado en una recorrida previa) ayuda a acelerar el trabajo de campo (Anexo 1).

Resultados

Formatos y tabulación

El resultado del muestreo de campo se anota en planillas electrónicas. Los puntos figuran directamente como porcentajes de abundancia, mientras que la superficie cubierta por cada planta (tomada en centímetros) se calculan como porcentaje, dividiéndolos en el área respectiva y multiplicando por 100 para hacer unidades equivalentes a los puntos (Tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo de resultados hipotéticos.

Espece o ítem	PAF 1	PAF 2	PAF 3	Sitio A (combinación de PAF 1 a 3)
Materia orgánica	40	50	45	45
Arena	20	30	28	26
Sp A	25	15	14	18
Sp B	10	4		4.7
Sp C	4		3	2.3
Sp G	0.6	0.9	0.8	0.8
Sp K	0.3	0.1	9	3.1
Sp M	0.1		0.2	0.1
Total	100	100	100	100

Al final se termina con una lista de especies con sus respectivos porcentajes de cobertura para cada PAF (unidad de muestreo línea-cuadrante). Varias unidades de muestreo de un mismo sitio se pueden combinar en una sola lista para aumentar la representatividad de los datos.

Análisis

Este tipo de resultados son apropiados para ser analizados por una gran gama de herramientas estadísticas como se menciona en la introducción y con referencia a la bibliografía. El método tiene la ventaja adicional que responde a criterios estadísticos sencillos que, con modificaciones de dimensiones, lo hacen aplicable a otros

grupos taxonómicos de importancia para la biodiversidad y función ecosistémica (p.e. insectos, aves, reptiles, anfibios, entre otros).

La figura 3 muestra un ejemplo del valor agregado del método comparando con métodos más usados de líneas o de cobertura al estilo Braun-Blanquet o Daubenmire (donde se estima la cobertura de las plantas más comunes y las menores de 1% no se evalúan (Braun-Blanquet 1965, Daubenmire 1968). Con ese método se encuentran ocho especies de plantas vasculares en 300 puntos, las cuales cubren 32.8% del terreno. Si se llegara a refinar ese método para incluir especies hasta 0.1%, casi se triplican las especies a 21 y la cobertura sube un poco, a 39.5%. Finalmente si se hace el muestreo PAF completo, en este caso con tres líneas (300

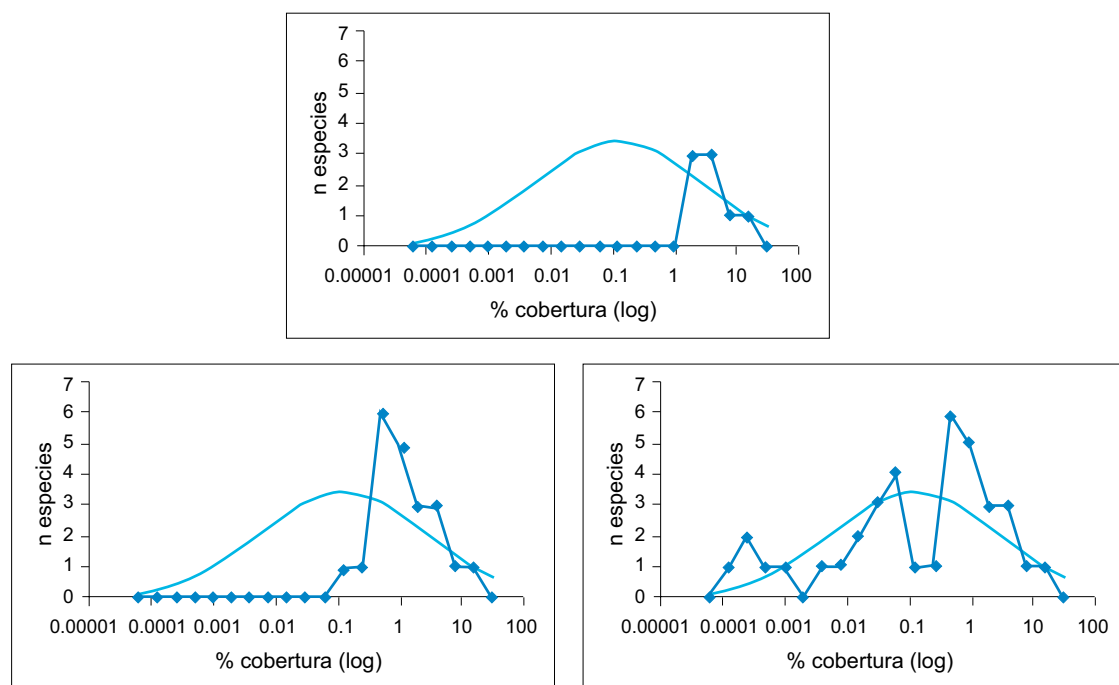


Figura 3. Distribución de cobertura de plantas vasculares en muestreos de clausura en Fistulados, Pilcaniyeu, Río Negro, Argentina. El eje vertical representa el número de especies contrado con cada una de las clases de cobertura del eje horizontal. Arriba, método considerando solo especies $\geq 1\%$ cobertura. Izquierda: $\geq 0.1\%$. Derecha: PAF con aplicación de 3 líneas y áreas flexibles de 50 a 200 m². Más explicación en el texto.

puntos) y áreas de 50-200 m², con un esfuerzo de muestreo de tres horas por dos personas, casi se duplican otra vez las especies llegando a 37 especies, mientras la cobertura apenas sube a 39.7%. El muestreo PAF no cambia mucho la cobertura total muestreada, pero sí produce información valiosa sobre la mayoría de las especies presentes y la estructura de la comunidad. Comparativamente, los métodos alternativos pueden producir un listado de todas las especies, pero no proveen información sobre la estructura comunitaria y biodiversidad (Fig. 3, arriba e izquierda, se pierde entre la mitad y tres cuartos de la información potencialmente disponible).

Discusión

El método de puntos y áreas flexibles se desarrolló como una respuesta a las dudas y problemas planteados a lo largo y ancho de los Andes durante la aplicación de diversos métodos de muestreo (Seimon *et al.* 2009, Halloy *et al.* 2010). Su practicidad determinó su adopción por la red GLORIA de Sudamérica para la medición de coberturas en secciones de cumbres montañosas, en el taller de Lima de enero 2011 (<http://secgen.comunidadandina.org/eCAN>) y su aplicación en campo durante el taller de Chilecito, Argentina, en abril 2011 (Juri *et al.* 2011). Se está probando su aplicación junto con las MARAS (Oliva *et al.* 2010) y otras metodologías para servir de métodos rápidos y eficientes de medición del estado de conservación de la biodiversidad en pastizales manejados de la Patagonia (Halloy *et al.* 2011).

Según los objetivos del estudio o inventario, este método puede ser parte de una batería de otros módulos o métodos de muestreo de vegetación y fauna (datos no publicados). Con algunas modificaciones, también es adaptable a distintas preguntas y objetivos de trabajo. Cuando la intención va más allá de un relevamiento en plano y se requiere entender la estructura vertical de la vegetación, se puede enriquecer el método con la dimensión vertical

(Scott 1965, Dickinson *et al.* 1992). La flexibilidad del método permite su uso en diversos tipos de vegetación y condiciones de trabajo. Por ejemplo, en el taller de GLORIA de Chilecito se experimentó con resultados satisfactorios el uso de puntos de intersección verticales para definir la estructura vertical de la vegetación. Esto permite entender mejor las relaciones verticales y de competición de la vegetación. En pastizales altoandinos del Parque Nacional Sajama (SW de Bolivia), esta estructura vertical fue útil para distinguir los grados de pastoreo (Yager *et al.* 2008). Existen diversas variantes que aumentan la precisión y la utilidad de los datos, cómo medir las coordenadas espaciales de cada planta encontrada, como lo proponen Costa & Magnusson (2010) y el Programa de Pesquisa en Biodiversidade de Brasil (<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/dadosinvent/>). Sin embargo, éstas requieren mayor inversión de tiempo y personal.

Los métodos de puntos tienen la ventaja de determinar cobertura de manera más objetiva que la evaluación 'a ojo de experto' de los inventarios de tipo Braun Blanquet (Tomaselli *et al.* 1992) o de las secciones de cumbres montañosas en GLORIA (Pauli *et al.* 2002). Precisamente se está actualizando la metodología para incorporar estas ventajas, conclusiones del taller realizado en Perth (Escocia, septiembre 2010, www.gloria.ac.at). Los métodos de puntos son ampliamente utilizados en relevamientos de vegetación para fines prácticos de manejo, para determinar cobertura de vegetación y de tipos de suelo desnudo o degradado (erosión) (Elzinga *et al.* 1998, Oliva *et al.* 2010, Pellant *et al.* 2005, Riginos & Herrick 2011).

Una serie de estudios muestra que los métodos de estimación visual de cobertura tienen un poder estadístico muy bajo (Godínez-Alvarez *et al.* 2009, Vittoz *et al.* 2010). Sin embargo, los métodos de frecuencia de puntos solo capturan las especies más comunes (por probabilidad de toque). Muchos métodos entonces complementan a la lista de especies incluidas con un listado de las especies raras,

p.e. MARAS (Oliva *et al.* 2010). Magnusson *et al.* 2008 listaron las especies no incluidas dentro de un área a un metro de un solo lado de sus líneas de muestreo, pero sin medir cobertura. Esto es interesante pero no permite un análisis de abundancia relativa, ni tampoco se puede relativizar con superficies muestreadas y esfuerzo de muestreo.

La combinación de métodos de puntos y área en un solo protocolo en el PAF proporciona una herramienta más robusta y de simple utilización, que a la vez hereda la experiencia extensa de cuadrantes de Gentry, líneas de puntos y métodos de muestreo a distancia en fauna. Con solo ajustar las áreas al taxón, los mismos principios son aplicables para otros grupos como insectos, anfibios y reptiles (Seimon *et al.* 2007), aves y mamíferos. La flexibilización del área permite además registrar especies que puedan verse más allá de distancias fijas.

Los métodos areales que eliminan la estimación de toda cobertura por debajo del 1% se justifican por ahorro de esfuerzo y tiempo. Sin embargo, se pierde información sobre la estructura comunitaria de más de la mitad hasta tres cuartas partes de las especies. Un método como el PAF permite completar esa información con un esfuerzo comparable.

Conclusiones

Se propone un método de inventario rápido del estado de la biodiversidad que combina las ventajas de metodologías probadas, ampliamente usadas y aceptadas. La combinación de muestreo de puntos de intercepción con áreas flexibles permite reforzar las ventajas de ambas y tener un método con las siguientes características:

- bajo costo, que puede ser aplicado utilizando el conocimiento local de la flora,
- bajo esfuerzo de muestreo y rápido,
- mínimo impacto,
- capacidad de distinguir relativamente rápido entre situaciones de manejo y

de condiciones bióticas, identificando también perturbaciones y especies exóticas; y

- proporciona datos aptos para diversos análisis estadísticos rigurosos y su interpretación gráfica descriptiva.

Agradecimientos

La metodología se ha desarrollado gracias a años de trabajo a través de regiones de los Andes, Patagonia, Nueva Zelanda y África. Agradecemos profundamente a las numerosas personas que han ayudado en refinar la metodología en campo con sus comentarios, preguntas, dudas y críticas constructivas. En particular agradecemos a los equipos de la red GLORIA en Sudamérica. Agradecemos a los comentarios detallados de Bill Magnusson y de un revisor anónimo que contribuyeron a mejorar el manuscrito.

Referencias

- Braun-Blanquet, J. 1965. Plant sociology- the study of plant communities. Hafner, Nueva York. 439 p.
- Costa, F. R. C. & W. E. Magnusson. 2010. The need for large-scale, integrated studies of biodiversity – the experience of the program for biodiversity research in Brazilian amazonia. *Natureza & Conservação* 8: 3-12.
- Daubenmire, R. F. 1968. Plant communities: a textbook of plant synecology. Harper and Row, Nueva York. 270 p.
- Dickinson, K. J. M., A. F. Mark & W. G. Lee. 1992. Long-term monitoring of non-forest communities for biological conservation. *New Zealand Journal of Botany* 30: 163-179.
- Elzinga, C. L., D. W. Salzer & J. W. Willoughby. 1998. Measuring and monitoring plant populations. Bureau of Land Management (BLM), Springfield, VA. 496 p.

- Godínez-Alvarez, H., J. E. Herrick, M. Mattocks, D. Toledo & J. V. Zee. 2009. Comparison of three vegetation monitoring methods: Their relative utility for ecological assessment and monitoring. *Ecological Indicators* 9: 1001 – 1008.
- Halloy, S. 2010. How to measure conservation effectivity on lands with multiple uses? *Science Chronicles* 8: 8-9.
- Halloy, S., M. Ibáñez, J. Touval, T. Boucher, D. Bran, J. Gaitán & G. Iglesias. 2011. Medidas para cuantificar el impacto de pastoreo sostenible en pastizales patagónicos – sensores remotos y medidas de biodiversidad bajo distintos niveles de pastoreo. TNC, INTA. Buenos Aires. 28 p.
- Halloy, S. & B. I. P. Barratt. 2007. Patterns of abundance and morphology as indicators of ecosystem status: a meta-analysis. *Ecological Complexity* 4: 128-147.
- Halloy, S. R. P., K. Yager, C. García, S. Beck, J. Carilla, A. Tupayachi Herrera, J. Jácome, R. I. Meneses, J. Farfán, A. Seimon, T. A. Seimon, P. Rodríguez, S. Cuello & A. Grau. 2010. South America: climate monitoring and adaptation integrated across regions and disciplines. pp. 90-95. En: Settele, J. ed. *Atlas of Biodiversity Risks - from Europe to the Globe, from Stories to maps*. Pensoft (www.pensoftonline.net/alarm-atlas-info), Sofia & Moscú.
- Hines, J. 2006. PWRC Software archive. Patuxent Wildlife Research Center, U. S. Geological Survey.
- Juri, M. D., R. Lobo Allende, L. Montero Hagen, M. Musicante, N. Cantón, G. Jaime, E. S. Luna Toledo & S. Halloy. 2011. III Taller internacional del monitoreo de cambio climático en Latinoamérica con metodología GLORIA extendida. Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito, La Rioja. 17 p.
- Magnusson, W. E. 2002. Diversity indices: multivariate candies from Pandora's box. *Bulletin of the Ecological Society of America* January 2002: 86-87.
- Magnusson, W. E., A. P. Lima, A. L. K. M. Albernaz, T. M. Sanaiotti & J.-L. Guillaumet. 2008. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém – PA. *Revista Brasileira de Botânica* 31: 165-177.
- Magnusson, W. E., A. P. Lima, R. Luizão, F. Luizão, F. R. C. Costa, C. Volkmer de Castilho & V. F. Kinupp. 2009. RAPELD; a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica* 5: 1-6.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey. 260 p.
- Mayorquín, A., S. Valenzuela & J. O. Rangel Ch. 2010. Evaluación de la efectividad de manejo en reservas naturales de la sociedad civil: una propuesta metodológica. *Caldasia* 32: 381-397.
- Morrison, M. L. 2002. *Wildlife restoration: techniques for habitat analysis and animal monitoring*. Island Press, Washington DC. 209 p.
- Oliva, G., J. Gaitán, D. Bran, V. Nakamatsu, J. Salomone, G. Buono, J. Escobar, F. Frank, D. Ferrante, G. Humano, G. Ciari, D. Suarez, W. Opazo & E. Adema. 2010. Manual para la instalación y lectura de monitores MARAS. INTA, Buenos Aires. 68 p.
- Parrish, J. D., D. P. Braun & R. S. Unnasch. 2003. Are We Conserving What We Say We Are? Measuring Ecological Integrity within Protected Areas. *BioScience* 53: 851-859.
- Pauli, H., M. Gottfried & G. Grabherr. 1999. Vascular plant distribution patterns at the low-temperature limits of plant life - the alpine-nival ecotone of Mount Schrankogel (Tyrol, Austria). *Phytocoenologia* 29: 297-325.
- Pauli, H., M. Gottfried, D. Hohenwallner, K. Reiter & G. Grabherr (eds.) 2002. *The GLORIA field manual - multi-summit*

- approach. 4th version (draft), Dec 2002 edic. Global Observation Research Initiative in Alpine Environments - A contribution to the Global Terrestrial Observing System (GTOS), Viena. 79 p.
- Pellant, M., P. Shaver, D. A. Pyke & J. E. Herrick. 2005. Interpreting indicators of rangeland health. 4ta edic. Bureau of Land Management (BLM), Denver, Colorado. 136 p.
- Riginos, C. & J. Herrick. 2011. Monitoring rangeland health - a guide for pastoralist communities and other land managers in eastern Africa - Version II. Nairobi, Kenya: ELMT-USAID / East Africa. 96 p.
- Scott, D. 1965. A height frequency method for sampling tussock and shrub vegetation. *New Zealand Journal of Botany* 3: 253-260.
- Seimon, A., K. Yager, T. Seimon, S. Schmidt, A. Grau, S. Beck, C. García, A. Tupayachi, P. Sowell, J. Touval & S. Halloy. 2009. Changes in biodiversity patterns in the high Andes - understanding the consequences and seeking adaptation to global change. *Mountain Forum Bulletin* 9: 25-27.
- Seimon, T. A., A. Seimon, P. Daszak, S. R. P. Halloy, L. M. Schloegel, C. A. Aguilar, P. Sowell, A. D. Hyatt, B. Konecky & J. E. Simmons. 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13: 288-299.
- Stachetti Rodrigues, G., A. Moreira & N. Martínez (eds.) 2007. Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales. IICA, Montevideo. 168 p.
- Tomaselli, M., G. Rossi & N. Agostini. 1992. Analisi fitogeografica della comunità a *Cryptogramma crispum* (L.) R. Br. delle Alpi Occidentali (°). *Biogeographia* 16: 105-121.
- Unnasch, B., D. Maddox, C. Helzer & G. Steinauer. 2009. Plotwise floristic quality assessment (pFQA). The Nature Conservancy (TNC), Aurora, Nebraska. 3 p.
- Vittoz, P., N. Bayfield, R. Brooker, D. A. Elston, E. I. Duff, J.-P. Theurillat & A. Guisan. 2010. Reproducibility of species lists, visual cover estimates and frequency methods for recording high-mountain vegetation. *Journal of Vegetation Science* 21: 1035-1047.
- Watermolen, D. J. & T. W. Bernthal. 2003. Development of a floristic quality assessment methodology for Wisconsin. Final report to USEPA - Region V, Wetland Grant # CD975115-01-0. Wisconsin Department of Natural Resources, Bureau of Fisheries Management and Habitat Protection, 101 S. Webster St., Madison, WI 53707. 22 p.
- Yager, K., H. Resnikowski & S. Halloy. 2008. Grazing and climatic variability in Sajama National Park, Bolivia. *Pirineo* 163: 97-109.

Artículo recibido en: Junio de 2011.

Manejado por: Luis F. Aguirre

Aceptado en: Abril de 2011.

