

Nueva tecnología para relevar la vegetación y estudiar su biodiversidad en la estepa patagónica

New technology to relieve vegetation and study its biodiversity in the patagonian steppe

María Rosa Klagges^{2*}, Lorena Obregón Streitenberger², José Alejandro Scolaro^{1,2}, Diego Andrés Firmenich³

¹Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Sede Trelew, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, (9100) Trelew, Chubut, Argentina;

²IDEAUS, CCT-CENPAT, CONICET. (9120) Puerto Madryn, Chubut, Argentina;

³Facultad de Ingeniería, Departamento de Informática, Sede Trelew, (DIT), Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, (9100) Trelew, Chubut, Argentina.

mklaggess@cenpat-conicet.gob.ar

Resumen

En las zonas áridas es necesaria una metodología expeditiva para conseguir información relevante sobre la vegetación. El método del punto al paso se utiliza regularmente en la provincia del Chubut y si bien fue diseñado para estimar la disponibilidad forrajera, podría aprovecharse para obtener otras medidas de la complejidad biológica de comunidades vegetales. El propósito de este trabajo consistió en presentar la manera en que el método referido puede utilizarse para obtener información que facilite la estimación de la biodiversidad vegetal en la estepa patagónica. Se ensayó la recolección digital de datos y se desarrolló un sistema informático para su posterior análisis. Se realizaron 400 relevamientos durante los años 2015/2017 en cuatro departamentos del centro-norte de Chubut. Los sitios de muestreo para establecer las transectas fueron distribuidos sistemáticamente cada 8 o 5 km, según la longitud de la ruta provincial. Se elaboraron aplicaciones digitales experimentales, utilizando tecnologías móviles, tecnologías webs y tecnologías de bases de datos. Esto permitió que se consolide una base de datos con 40.000 puntos de información. Se identificaron 172 especies pertenecientes a 41 familias, distribuidas en 10 comunidades vegetales. La comunidad estepa arbustiva de baja cobertura se exhibió un 36,24% más diversa que la comunidad de menor biodiversidad, el matorral halofítico. El método produjo información susceptible de análisis de indicadores biofísicos y de estimaciones de la biodiversidad vegetal. La implementación de nuevas tecnologías proporcionó una mejora en

la disponibilidad, acceso e intercambio de información, sumado a la optimización en los tiempos de la adquisición y análisis de datos.

Palabras Claves: Relevamientos, biodiversidad vegetal, dispositivos móviles.

Abstract

In arid zones, an expeditious methodology is necessary to obtain relevant information on vegetation. The point-by-step method is normally used in the province of Chubut and although it was designed to estimate forage availability, it could be used to obtain other measures of the biological complexity of plant communities. The purpose of this work was to present the way in which the referred method can be used to obtain information that facilitates the estimation of plant biodiversity in the Patagonian step. Digital data collection was tested and a computer system was developed for further analysis. 400 surveys were carried out during the years 2015/2017 in four departments of the center-north of Chubut. The sampling sites to establish the transects were systematically distributed every 8 or 5 km, depending on the length of the provincial route. Experimental digital applications were developed using mobile technologies, web technologies, and database technologies. This allowed a database with 40,000 information points to be consolidated. 172 species belonging to 41 families were identified, distributed in 10 vegetation units. The low cover shrub steppe unit was 36.24% more diverse than the unit with less biodiversity, the halophytic scrub. The method produced information susceptible to analysis of biophysical indicators and estimates of plant biodiversity. The implementation of new technologies provided an improvement in the availability, access and exchange of information, added to the optimization in the times of data acquisition and analysis.

Key Words: Surveys, plant biodiversity, mobile devices.

Introducción

Las estepas y los semidesiertos patagónicos ocupan la mayor parte de las llanuras, mesetas y serranías del extremo sur del continente americano, cubriendo un área superior a los 800.000 km². La estepa patagónica es una ecorregión fundamentalmente de la Argentina, que abarca desde latitud 39° al sudoeste de

Mendoza, oeste de Neuquén y Río Negro, una gran proporción de Chubut y Santa Cruz y el norte de Tierra del Fuego, las islas Malvinas y las islas del Atlántico Sur hasta longitud 55° S. Geológicamente exhibe mesetas escalonadas hacia el este, montañas y colinas erosionadas, dunas, acantilados costeros, playas costeras y los valles de los ríos Chubut, Deseado, Chico,

Santa Cruz y Coyle (León *et al.* 1998; Paruelo *et al.* 2005; Morello *et al.* 2012). En todas las subregiones de la estepa patagónica, la vegetación presenta una gran heterogeneidad tanto fisonómica como florística, albergando una gran variedad de estepas arbustivas y gramíneas. Pueden observarse principalmente matorrales achaparrados adaptados a las condiciones de aridez, bajas temperaturas y fuertes vientos. Muchos arbustos son bajos, espinosos o de hojas reducidas. En menor proporción asoman las estepas herbáceas de pastos xerófilos. Tal multiplicidad refleja las restricciones que imponen las características climáticas y edáficas generándose así endemismos característicos (Paruelo *et al.* 2005; Morello *et al.* 2012; Morrone, 2014; Oyarzabal *et al.* 2018). La importancia de la vegetación radica en que crea un elemento clave en cualquier ecosistema terrestre, ya que ampara a todos los demás componentes de la biodiversidad y genera y mantiene condiciones ambientales propicias para la subsistencia de otras especies biológicas (Perovic *et al.* 2008; Oberhuber *et al.* 2010). Uno de los principales problemas socio ambientales que padece la estepa patagónica es el avance de la desertificación (Del Valle *et al.* 1998). Debido al uso excesivo de los suelos, base

de la explotación extensiva del ganado ovino por más de cien años (Andrade, 2002) y combinado con factores climáticos, se ha observado una reducción tanto en la cobertura vegetal como en la biodiversidad (Mazzonia y Vazquez, 2009). Es así que desde el año 1990, se utilizan indicadores físicos y biológicos que complementan la información proveniente de imágenes satelitales para estimar cuál es el nivel de deterioro (Soriano y Paruelo, 1990; Abraham, 2006; Mazzonia y Vazquez 2009). Conjuntamente, al ser zonas destinadas en un 80% a la producción ganadera, se han desarrollado metodologías que evalúan el estado de las comunidades vegetales de especies exclusivamente forrajeras (Mansilla y Bertolami, 1992; Nakamatsu *et al.* 2013).

Un método objetivo y no destructivo que permite evaluar con facilidad las diferentes comunidades vegetales es el de transectas de punto al paso (Evans y Love, 1957). En Argentina se desarrolló el método de point quadrat modificado (Passera *et al.* 1983). Éste se utiliza en la evaluación de la vegetación y determinación de la receptividad ganadera de ambientes áridos de la provincia de Mendoza donde los arbustos realizan un aporte significativo de forraje (Behr *et al.* 2020)

En las zonas áridas de la provincia de Chubut, al ser tan vastas, se necesitaba una metodología expeditiva para poder conseguir información considerable, de la mejor calidad, al menor tiempo y costo posible. Un método de relevamiento de la vegetación que reúne dichos requisitos es el de punto al paso, que combina los dos métodos mencionados anteriormente y es el que se utiliza regularmente en esta provincia (Elissalde *et al.* 2002). Si bien esta metodología fue diseñada principalmente para estimar la disponibilidad forrajera (Golluscio *et al.* 2009), la información que brinda no se explota en su totalidad. Es así que podría aprovecharse también para obtener medidas de la complejidad biológica de las comunidades a través del índice de Shannon (1949). Este índice, arroja valores que miden la incertidumbre en el resultado de un proceso de muestreo y se puede utilizar para estimar la biodiversidad vegetal (Jost, 2006). Conjuntamente, aún no se disponía de un sistema digital que permita recolectar, analizar y compartir los datos de manera accesible. Fue a partir de las mencionadas limitaciones que, en el año 2015 se ejecutaron experimentos que mostraron la gran optimización del trabajo de campo con el uso de las nuevas tecnologías. Esto significaría un gran estímulo a la hora de realizar relevamientos de la vegetación y

su posterior análisis (Almonacid y Navarro, 2016).

El presente trabajo asume dos objetivos. Por un lado, presenta la manera alternativa en que el método de punto al paso puede utilizarse *a priori* para obtener datos que permitan calcular el índice de Shannon, para luego poder estimar la biodiversidad vegetal de las comunidades vegetales de la estepa patagónica. Por otro, propone la recolección digital de la información adquirida en el área de estudio. Se presentan los resultados obtenidos en las experiencias de aplicación de muestreos llevados a cabo en el centro norte de Chubut.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio abarca una fracción de 90.000 km² del centro norte de la provincia de Chubut, desde los 42° S hasta los 44° S. En esta superficie quedan comprendidos los departamentos Telsen, Gastre, Paso de Indios y Mártires (Figura 1) situados en la sub-región central de la ecorregión estepa patagónica y una porción de la sub-región austral de la ecorregión de monte de llanuras y mesetas (Morello *et al.* 2012). La precipitación anual es generalmente inferior a 200 mm y el índice de aridez, relación entre precipitación media anual y evapotranspiración potencial, oscila entre

0.46 y 0.11 (Paruelo *et al.* 1998), lo que clasifica al clima principalmente como árido (Le Houérou, 1996).

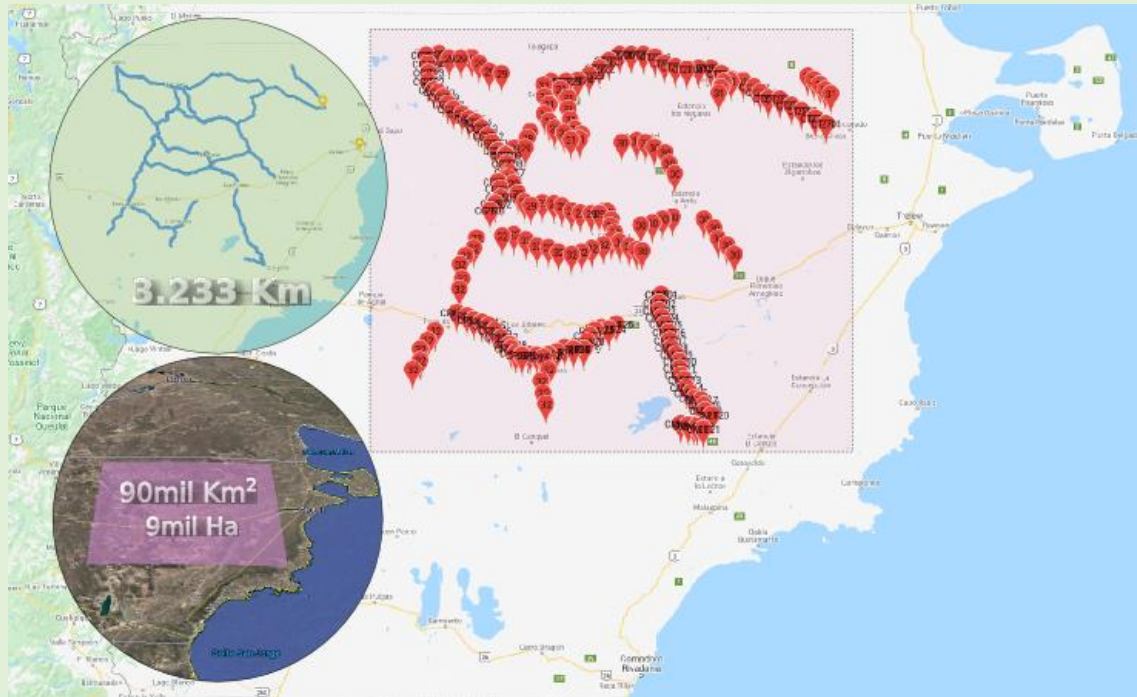


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Se muestra la distribución de las transectas y las rutas recorridas.

Figure 1. Geographic location of the study area. The distribution of the transects and the routes traveled is shown.

Muestreo

Se efectuaron relevamientos de la vegetación durante los meses de noviembre y febrero del periodo 2015-2017. Los sitios de muestreo para establecer las transectas fueron distribuidos sistemáticamente cada 8 o 5 km, según la longitud de la ruta provincial. Se escogieron por su homogeneidad florística, fisonómica y ecológica (Roig, 1973) lo que permitió identificar las distintas comunidades vegetales (León *et al.* 1998; Oyarzabal *et al.* 2018). Se

establecieron 200 transectas que se recorrieron en dos ocasiones, dando por resultado la recolección de la información de 400 transectas en total. La ubicación de cada transecta se registró con el GPS (Sistema Global de Posicionamiento) de una tableta digital y el sentido de la marcha se determinó *in situ* para ejecutar el relevamiento dentro de la misma comunidad vegetal. Se utilizó el método de punto al paso (Behr *et al.* 2020) con la discrepancia de que no se hizo la discriminación entre plantas forrajeras y

no forrajeras y fueron relevadas también las plantas efímeras, especies que no son tenidas en cuenta en el método tradicional. En el lugar de inicio de la transecta se seleccionó el sentido de la marcha y se siguió el rumbo en dirección recta con la asistencia de la brújula del dispositivo

(Figura 2). Se estableció una transecta lineal horizontal, dividida en 100 puntos equidistantes y se anotó la cantidad de veces que una aguja metálica contactó con especies vegetales cuando esta se soltó en cada punto. La aguja se clavó en el suelo a la altura de la punta del calzado.

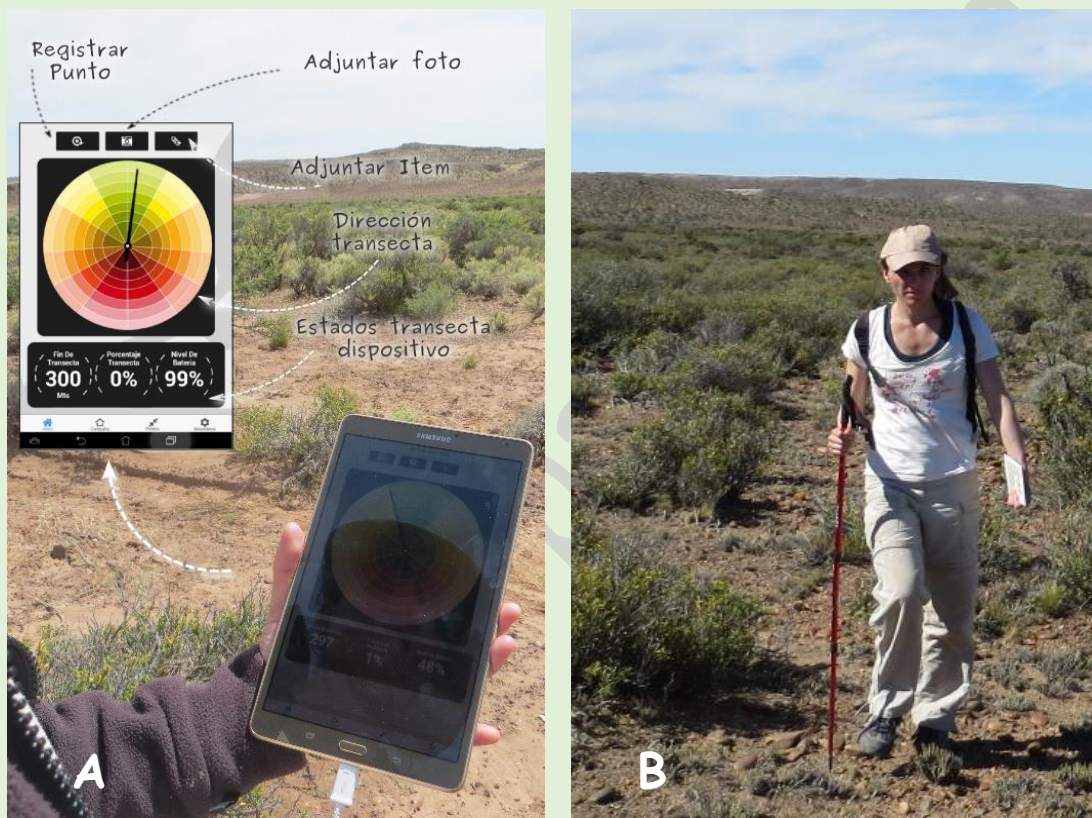


Figura 2. Tableta que muestra la interfaz de la aplicación (A) utilizada durante el relevamiento (B).
Figure 2. Tablet showing the application interface (A) used during the survey (B).

La distancia entre los puntos dependió de la cobertura estimada de la vegetación. En esta instancia del muestreo se sugiere una lectura por cada paso en áreas con coberturas mayores a 65%, cada dos pasos con coberturas entre 45-65% y cada tres pasos con coberturas menores de 45% (Behr *et al.* 2020). El primer punto se

ubicó a 200 metros de los caminos y alambrados, así se evitó que la transecta cayera en zonas con efecto de borde vinculadas a estas fragmentaciones (Fahrig, 2003). Para el registro de los datos se utilizó una tableta digital en la primera visita (Almonacid y Navarro, 2016) y se la combinó con un reloj

inteligente en las posteriores (Pazos y Morales, 2018).

En cada punto de la transecta se presentaron las siguientes posibilidades para cargar la información: contacto directo con una o varias especies vegetales y contacto indirecto. En este último caso, al no contactarse directamente con una planta, se registró primero el estado del suelo (suelo desnudo, material vegetal muerto o broza) y luego la planta más cercana a la aguja hacia adelante en un ángulo de 180°.

Las especies vegetales se identificaron con la Flora Patagónica (Correa 1969-1998) y para la nomenclatura se siguió el Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur del IBODA (www.darwin.edu.ar) que está actualizándose de manera permanente.

Soporte tecnológico

Junto a un equipo de profesionales informáticos y en el marco del proyecto de investigación “Tecnologías móviles y vestibles para la recolección intensiva de Datos” (Departamento de informática, sede Trelew, Facultad de Ingeniería, UNPSJB), se desarrollaron aplicaciones experimentales para dar soporte a la implementación del método descripto. Estas aplicaciones fueron construidas utilizando tecnologías móviles,

tecnologías webs y tecnologías de bases de datos.

Inicialmente, se utilizaron dispositivos móviles para registrar los datos durante las campañas de relevamiento de la vegetación. En una segunda instancia, se descargaron en la base de datos central a través de la aplicación web utilizada desde el explorador de internet del laboratorio.

En las primeras experiencias de transferencia tecnológica, se detectó que la manipulación en la intemperie de la tableta digital generaba riesgos de estropeo, por inclemencias climáticas como los fuertes vientos con polvillo y cenizas en suspensión y, como consecuencia, de pérdida de la información recolectada. Considerando que en una sola jornada laboral de relevamiento suelen realizarse entre siete y quince transectas de 300 metros como máximo, manteniendo el dispositivo en la mano gran parte del tiempo, fue necesario incorporar reformas. Una de estas fue el desarrollo de una nueva aplicación móvil vestible para ser utilizada en un reloj inteligente que trabaja en conjunto con la aplicación móvil original (Almonacid *et al.* 2019). Así, se pudo realizar el relevamiento interactuando con el reloj (Figura 3) llevando en la mochila la tableta digital en la que se fueron resguardando los datos generados durante el recorrido.



Figura 3. Utilización del reloj inteligente durante un relevamiento de la vegetación (A). Interfaz de la aplicación y etapas en las que se cargan los datos (B). Secuencia de imágenes en (B) obtenidas de Pazos y Morales (2018).

Figure 3. Use of the smart watch during a vegetation survey (A). Application interface and stages in which the data is loaded (B). Sequence of images in (B) obtained from Pazos and Morales (2018).

Análisis de la información

Sobre la transecta, la proporción del largo total interceptada por una especie proporciona la medida de la cobertura de esa especie e igualmente indica la proporción del suelo desnudo, entre otras medidas. Es así que, con los datos obtenidos se pudo calcular la cobertura total de vegetación, los atributos del suelo y la cobertura por hábito. Se calculó el índice de diversidad de Shannon (1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde p_i es proporción de la i -ésima especie en una comunidad vegetal de S especies. Este índice que deriva de la

teoría de la información resume el grado de entropía que contiene un conjunto de elementos. Puede tomar valores entre 1,5 y 3,5 (Margalef, 1957). Con los números obtenidos a partir del índice de Shannon se estimó la biodiversidad de las especies vegetales mediante números equivalentes de especies (Jost, 2006):

$$D = \exp \left(- \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \right)$$

Se realizaron evaluaciones descriptivas y estadísticas para cada categoría con el paquete de software R versión 4.0.2. Se obtuvieron varios niveles de análisis en función de distintos criterios taxonómicos.

Resultados

Información obtenida de los censos de la vegetación.

La base de datos se consolidó con un total de 40.000 puntos de información. De cada punto se registró el estado del suelo y la especie vegetal correspondiente a ese punto, tanto de toques directos como indirectos. Se identificaron 172 especies

pertenecientes a 41 familias, distribuidas en 10 comunidades vegetales (Figura 4, Tabla I). Las familias dominantes son Asteraceae y Poaceae en un 29,49% y 20,37%, respectivamente.

Se registró una mediana de 65% de suelo desnudo y una mediana de 29,6% de toques directos (Figura 5).

Tabla 1. Cobertura total (C t), Suelo desnudo (S d), Muerto en pie (M p), Broza (B), índice de Shannon (H') y números equivalentes de especies (D) para cada comunidad vegetal.

Table 1. Total cover (C t), Bare soil (S d), Dead standing (M p), Mulch (B), Shannon index (H') and equivalent numbers of species (D) for each plant community.

Comunidad vegetal	C t	S d	M p	B	H'	D
Estepa arbustiva con <i>Frankenia patagonica</i>	17,5	79,25	3,47	11,08	2,17	8,758284
Estepa arbustiva con <i>Colliguaja integerrima</i>	50,33	46	4,4	7	2,05	7,767901
Matorral halofítico	19,9	76	4,56	13,56	2	7,389056
Estepa arbustiva baja	23,07	72,63	4,71	5,92	2,19	8,935213
Estepa subarbustiva baja cobertura	39,05	55,88	5,15	6,68	2,13	8,414867
Estepa arbustiva de baja cobertura	32,5	63,38	5,5	2	2,45	11,58835
Estepa arbustiva con <i>Chuquiraga avellanae</i>	20,93	73,99	5,6	8,16	2,16	8,671138
Estepa arbustiva serrana	32,89	61,44	6	4,23	2,12	8,331137
Estepa arbustiva con <i>Atriplex lampa</i>	23,11	70,68	6,21	9,58	2,21	9,115716
Estepa arbustivo gramínea	39,24	51,78	9,08	3,29	2,08	8,004469

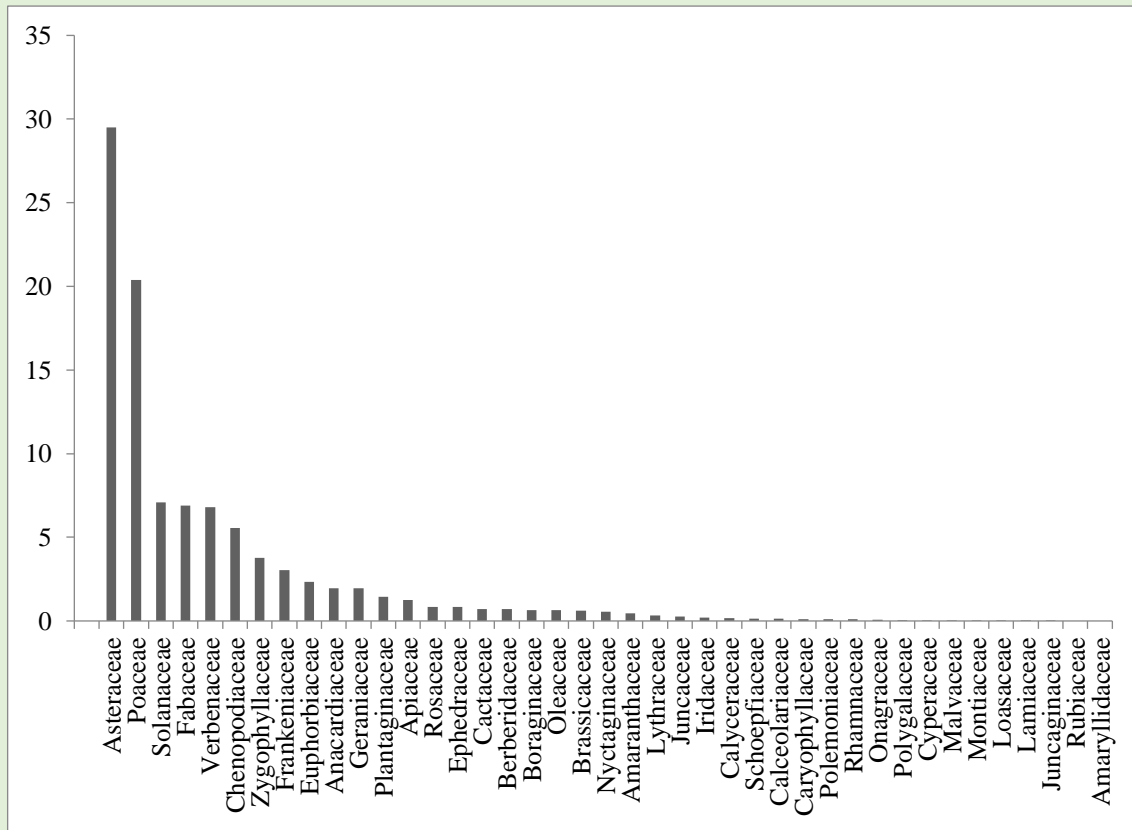


Figura 4. Porcentajes de las familias determinadas para el área de estudio.
Figure 4. Percentages of the families determined for the study area.

La comunidad vegetal que mostró en promedio una mayor proporción de suelo desnudo y una menor proporción de cobertura total fue la estepa arbustiva con *Frankenia patagónica* Speg. Mientras que la estepa arbustiva con *Colliguaja integerrima* Gillies & Hook. arrojó valores diferentes, esto es, una menor proporción de suelo desnudo y una mayor proporción de cobertura total (Tabla I).

Respecto a la cobertura por hábito, concerniente al aspecto general y forma de crecimiento de las plantas (Font Quer *et al.* 1977) se observó un mayor porcentaje de plantas con hábito arbustivo (61,95%) y una menor proporción tanto de plantas con hábito suculento, representadas en este estudio por especies de la familia Cactaceae (0,81%), como de plantas del tipo arbolito (0,01%) representadas por *Ephedra ochreatea* Miers (Figura 6).

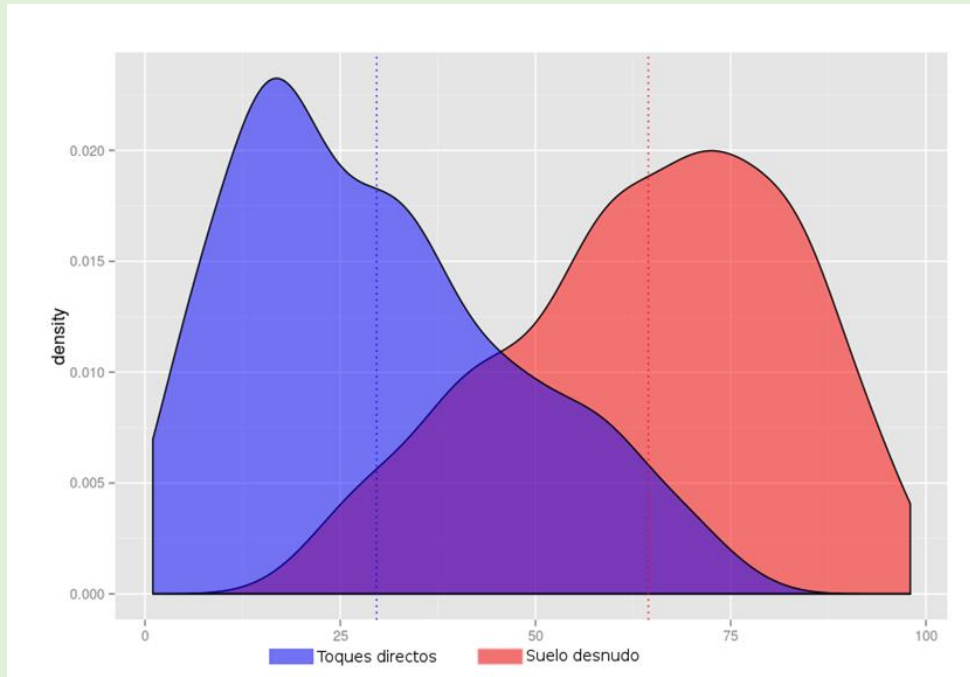


Figura 5. Gráfico de densidad de toques directos y suelo desnudo para la zona de estudio.
Figure 5. Graph of density of direct touches and bare soil for the study area.

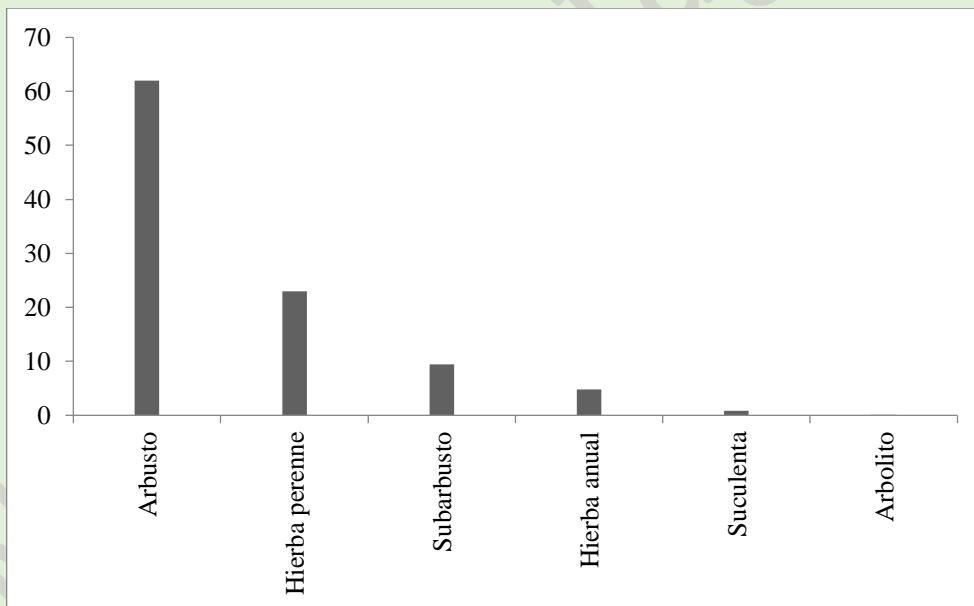


Figura 6. Porcentajes de la cobertura por hábito para el área de estudio.
Figure 6. Percentages of coverage by habit for the study area.

La comunidad con una mayor proporción de broza fue el matorral halofítico y la de menor porcentaje fue la estepa arbustiva de baja cobertura. Mientras que, al considerar el material vegetal muerto, fue mayor en la estepa arbustivo graminosa y

menor en la estepa arbustiva con *Frankenia patagonica*.

Uno de los elementos que componen la biodiversidad vegetal es el número o riqueza de especies. Se realizaron curvas de acumulación para determinar si el

número de especies estaba siendo correctamente evaluado. Las curvas exponen el número de especies acumuladas conforme va aumentando el esfuerzo de muestro en el área. Esto significa que la riqueza aumentará hasta llegar un momento en el que el número de especies se estabilizará en una asíntota, lo

cual corresponde teóricamente al número total de especies que se pueden encontrar en la zona de estudio (Moreno, 2000; Martella *et al.* 2012). En todas las comunidades vegetales recorridas, se alcanzó la estabilización en una asíntota en el punto 90 de cada transecta (Figura 7).

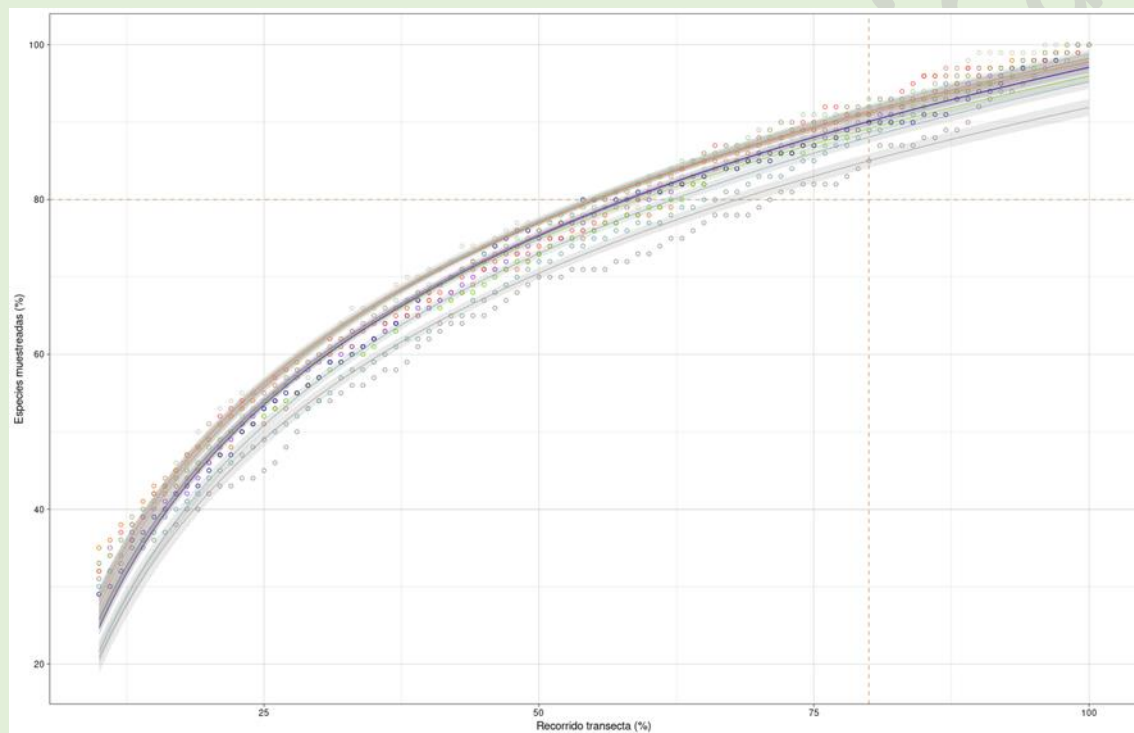


Figura 7. Número de especies acumuladas en función del recorrido de la transecta para cada comunidad vegetal del área de estudio.

Figure 7. Number of accumulated species as a function of the transect path for each plant community in the study area.

El índice de diversidad Shannon, arrojó valores similares para cada comunidad vegetal (Tabla I). Al convertir estos valores a sus números equivalentes de especies (D) se observó que la comunidad estepa arbustiva de baja cobertura es un 36,24% más diversa que el matorral

halofítico (i.e., $100 \times (11,59 - 7,39)/11,59$).

Registro digital.

Con el soporte informático se logró una productividad promedio de 10 transectas por día. El tiempo invertido para recorrer cada una de las transectas mostró un

promedio de 56 minutos con las primeras versiones del ambiente computacional y un promedio de 33 minutos al siguiente año con las técnicas introducidas (Almonacid *et al.* 2019). Esto permitió el ahorro de un promedio de 23 minutos por transecta. Se eliminaron los errores que se hubiesen generado si se registraban los datos en 400 planillas de papel y luego se los trasladaba a planillas de cálculo. Asimismo, se economizó el tiempo que se hubiese destinado para tal fin. Los datos registrados con los dispositivos móviles fueron descargados en la base de datos de la computadora utilizada para realizar los análisis posteriores. Esto implicó que para obtener un conocimiento preliminar de las

características vegetales de la zona de estudio solo hubo que aguardar a terminar la campaña de relevamiento (Figura 8).

La implementación de dispositivos móviles significó además una reducción en la utilización de materiales al momento de realizar las transectas. Ya no hubo que portar las planillas de papel junto con la brújula y el GPS debido a que, tanto la tableta como el reloj simplificaron estas tres herramientas en una sola. Con el uso de la tableta incluso, pudo reemplazarse la cámara de fotos, aumentando así la conveniencia de este dispositivo móvil que mejoró además, la maniobrabilidad de las tareas de campo.

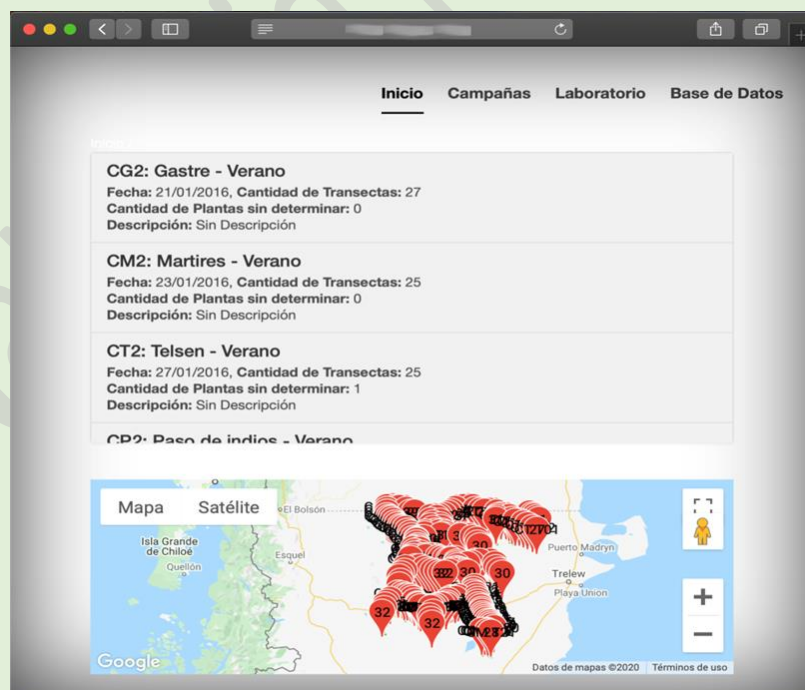


Figura 8. Base de datos conseguida luego de la descarga de los datos obtenidos con los dispositivos móviles.

Figure 8. Database obtained after downloading the data obtained with mobile devices.

Discusión y Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue presentar la manera en que un método tradicional para medir la cobertura forrajera, puede utilizarse también para obtener datos que permitan calcular el índice de diversidad de Shannon, con el fin de aportar una alternativa para la estimación de la biodiversidad vegetal en la estepa patagónica. Asimismo, dado que es engorroso analizar y pasar los innumerables datos obtenidos en planillas de papel, se propuso la recolección digital de la información mediante aplicaciones web desarrolladas para tal fin.

El aporte fundamental de este trabajo radica en exponer cómo un método rápido y sencillo produjo información susceptible de análisis de parámetros ecológicos y de estimaciones de la biodiversidad vegetal (Halloy *et al.* 2011). Los resultados obtenidos del índice de diversidad de Shannon para todas las comunidades vegetales fueron bajos y en un rango del 2 al 2,45, tal cual era lo esperado para zonas semiáridas como las del presente caso de estudio (Magurran, 1988). Observando el número equivalente de especies, se pudo constatar que la comunidad de mayor diversidad fue la estepa arbustiva de baja cobertura en un porcentaje mucho mayor que si se hubiesen comparado solamente los valores de los índices de Shannon. Mientras que la comunidad matorral

halofítico fue la que alcanzó los valores más bajos, pues se trata de una comunidad ubicada en suelos salinos y arcillosos (Oyarzabal *et al.* 2018). Analizando la diversidad real, mediante el número equivalente de especies, se obtiene un cotejo mucho más informativo, que no tiene relación con la significancia que otorgaría un contraste estadístico mediante la prueba t de Student para índices de Shannon (Zar, 1999; Jost, 2012).

En cuanto al resto de los parámetros ecológicos analizados, se pudo comprobar que existe un deterioro en los indicadores biofísicos de la zona de estudio, con coberturas vegetales que no superan el 50% y un porcentaje elevado de suelo desnudo, superior al 70% (Del Valle *et al.* 1998). También se evidencia que las familias Asteraceae y Poaceae, son las que mejor están representadas en la Patagonia austral (Bremer, 1994; Biganzoli y Zuloaga, 2015).

En resumen, los resultados demuestran que el método de punto al paso posee la ventaja de precisar la cobertura vegetal de modo más objetivo que la evaluación que proponen los inventarios del tipo Braun Blanquet, que dependen de la experticia de quien realice el relevamiento (Tomaselli *et al.* 1992).

Por otro lado, la información recolectada con los dispositivos móviles y luego

descargada al sistema desarrollado para este tipo de estudios, facilitó el poder contar con los datos de un modo ordenado, inteligible y de rápido acceso. Esta forma de realizar los relevamientos permitió efectuar consultas relativas a los parámetros ecológicos de manera automática y se disminuyeron los tiempos que antes se invertían en ejecutar otras tareas. Otro de los tiempos que se optimizaron fueron los vinculados a la realización de la segunda visita de relevamiento. Esto se debe a que, inicialmente se generó una base de datos que en las posteriores visitas fue reutilizada y que además permitió la generación de nuevos elementos de información.

En base a lo expuesto, el análisis de estos resultados pone de manifiesto la forma en que el método de punto al paso puede utilizarse sin mayores complejidades para poder estimar la biodiversidad vegetal de comunidades vegetales de la estepa patagónica. Los métodos de puntos son aplicados frecuentemente para determinar la cobertura vegetal y el porcentaje de suelo desnudo en relevamientos donde la vegetación es baja y los arbustos no superan los 3 m de altura (Elzinga y Salzer, 1998; Oliva *et al.* 2019).

Considerando el producto informático, cobra relevancia el impacto positivo de las aplicaciones en las experiencias de uso. Si

bien estas experiencias ya fueron documentadas (Almonacid *et al.* 2019), aquí interesa mencionar que las innovaciones fueron el corolario de un estudio y una experimentación que facilitaron posteriormente su utilización en un escenario real de explotación. En este contexto, fue posible desarrollar muestreos más precisos, ya que se eliminaron los errores vinculados al pasaje de datos desde planillas de papel a planillas de cálculo. A menor cantidad de errores, los valores de la población de estudio son más cercanos a los valores reales, *ergo*, los muestreos menos equívocos (Vivanco, 2005).

Los dispositivos móviles cuentan con características ideales para el dominio en cuestión, sin embargo aún presentan limitaciones que pueden ser potencialmente determinantes de su uso exhaustivo en el trabajo de campo *e.g.* la duración de la batería, el nivel de brillo de la pantalla durante el mediodía, que dificulta la visibilidad de la aplicación, la fragilidad del aparato ante las caídas o las condiciones climáticas como la lluvia y los fuertes vientos. Sin embargo, algunos de estos inconvenientes, como la duración de la batería, pueden ser subsanados con la adquisición de cargadores inalámbricos. Por último, la implementación de nuevas tecnologías para el relevamiento vegetal, proporcionó una mejora en la

disponibilidad, acceso e intercambio de la información, sumado a la optimización en

los tiempos de la adquisición y análisis de datos.

Agradecimientos

A los colegas del proyecto de investigación “Tecnologías móviles y vestibles para la recolección intensiva de Datos” del Departamento de Informática

de la sede Trelew de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB) y a Emilio por su paciente colaboración en el desarrollo de las campañas.

Bibliografía

ABRAHAM, E. 2006. Desertificaciones: Bases conceptuales y metodológicas para planificación y gestión. Aportes a la toma de decisión. *Zon. Ári.*, 7(1): 18-67.

ALMONACID, S., KLAGGES, M. R., NAVARRO, P., MORALES, L., PUIGBÓ, A. C. y D. FIRMENICH. 2019. Mobile and wearable computing in Patagonian wilderness. In *Conference on Cloud Computing and Big Data*, 137-154.

ALMONACID, S y NAVARRO, P. 2016. Aplicaciones móviles multiplataforma sensibles al contexto: una aplicación científica para el relevamiento florístico. XIX Con. *Trab. Estud. (EST)-JAIIO* 45:50-70.

ANDRADE, L. 2002. Territorio y ganadería en la Patagonia Argentina: desertificación y rentabilidad en la meseta central de Santa Cruz. *Econ. Soc. y Terri.*, 12: 675-706.

BEHR, S., BOTTARO, H., BUDUBA, C., BUONO, G., CESA, A., CIARI, G., y VILLA, M. 2020. Métodos de evaluación de Pastizales en Patagonia Sur. Ediciones INTA. Bs.As. 288 pp.

CORREA M. 1969-1998. Flora Patagónica. INTA, Buenos Aires. 7 volúmenes.

BIGANZOLI, F. y ZULOAGA, F. 2015. Análisis de diversidad de la familia Poaceae en la región

austral de América del Sur. *Rodri.*, 66 (2): 337-351.

BREMER, K. 1994. Asteraceae. Cladistics and classification. Timber Press. Portland. 752 pp.

DEL VALLE, H., ELISSALDE, N., GAGLIARDINI, D., y J. MILOVICH. 1998. Status of desertification in the Patagonian region: Assessment and mapping from satellite Imagery. *Ari. Soil Res. and Reha.* 12 (2): 95-121.

ELISSALDE, N., ESCOBAR, J. y V. NAKAMATSU. 2002. Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiarida de la Patagonia. PAN-SDSyPA-INTAGTZ. Trelew. 41 pp.

EVANS, R. y LOVE, R. 1957. The step-point method of sampling a practical tool in range. *Jour. Range Mangt.* 10 (5): 208-12.

ELZINGA, C., y SALZER, D. 1998. Measuring y monitoring plant populations. Bureau of Land Management. Denver. 478 pp.

FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ann. rev. ecol., evol., syst.* 34 (1): 487-515.

FONT QUER, P., ANTUNES, J., DE BOLÓS, O., DEL CAÑIZO, J., GUINEA, E., HOMEDES, J. y J. VILA. 1977. Diccionario de botánica. Labor. Barcelona. 1244 pp.

GOLLUSCIO, R., BOTTARO, H., RODANO, D., GARBULSKY, M., BOBADILLA, S., BURATOVICH, O. y M. VILLA. 2009.

- Divergencias en la estimación de receptividad ganadera en el noroeste de la Patagonia: diferencias conceptuales y consecuencias prácticas. *Eco. Aus.* **19** (1): 3-18.
- HALLOY, S., IBÁÑEZ, M. y K. YAGER. 2011. Puntos y áreas flexibles (PAF) para inventarios rápidos del estado de biodiversidad. *Eco. Bol.* **46** (1): 46-56.
- JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, **113** (2), 363-375.
- JOST, L. y GONZÁLEZ, O. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Act. zoo. li.*, **56** (1): 3-14.
- LE HOUÉROU, H. 1996. Climate change, drought and desertification. *Jour. Arid Env.*, **34** (2): 133-85.
- LEÓN, ROLANDO J., BRAN, D., COLLANTES, M. y J. PARUELO. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Eco. Aus.* 125-44.
- MAGURRAN, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton university press. 192 pp.
- MANSILLA, A. y BERTOLAMI, M. 1992. Evaluación de pastizales en Patagonia: Metodología y experiencia de aplicación en un establecimiento de Chubut. *Multe.*, 1: 53-63.
- MARGALEF, R. 1957. La teoría de la information en ecología. *Mem. de la r. acad. cien. art. Bar.*, 32: 373-449.
- MARTELLA, M., TRUMPER, E., BELLIS, RENISON, D., GIORDANO, P., BAZZANO, G. y R. GLEISER. 2012. Manual de ecología evaluación de la biodiversidad esfuerzo de muestreo. *Red. Ser. Ecol.* **5** (1): 71-115.
- MAZZONIA, E. y VAZQUEZ, M. 2009. Desertification in Patagonia. *Dev. Earth Surf. Proc.* **13**(C):351-77.
- MORELLO, J., MATTEUCCI, D., RODRIGUEZ, A. y M. SILVA. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora. Bs As. 752 pp.
- MORENO, C. 2000. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa. Madrid. 80 pp.
- MORRONE, J. 2014. Biogeographical regionalisation of the Neotropical Region. *Zoo.* **3782** (1): 1-110.
- NAKAMATSU, V., ELISSALDE, N., BUONO, G., ESCOBAR, J., BEHR, S. y M. VILLA. 2013. Disponibilidad de forraje para el ganado ovino en pastizales naturales de la zona árida y semiárida del Chubut. INTA. Trelew. 16 pp.
- OBERHUBER, T., LOMAS, P., DUCH, G. y M. GONZÁLEZ. 2010. El papel de la biodiversidad. *Asse.* **16** (1): 1-36.
- OLIVA, G., BRAN, D., GAITÁN, J., FERRANTE, D., MASSARA, V., GARCÍA MARTÍNEZ, G., ADEMA, E., ENRIQUE, M., DOMÍNGUEZ, E., y P. PAREDES. 2019. Monitoring drylands: The MARAS system. *Jour. Ar. Enviro.* **161**: 55-63.
- OYARZABAL, M., CLAVIJO, J., OAKLEY, L., BIGANZOLI, F., TOGNETTI, P., BARBERIS, I., MATURO, H., ARAGÓN, R., CAMPANELLO, P., PRADO, D., OESTERHELD, M., y R. LEÓN. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Eco. Aus.* **28** (1): 40-63.
- PARUELO, J., BELTRAN, A., JOBBAGY, E., SALA, O. y R. GOLLUSCIO. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Eco. Aus.* **8** (2): 85-101.
- PARUELO, J., GOLLUSCIO, R., JOBBÁGY, E., CANEVARI, M. y M. AGUIAR. 2005. Situación ambiental en la estepa patagónica. *La Sit. Amb. Arg.* 302-320.
- PASSERA, C., DALMASSO, A. y BORSETTO, O. 1983. Método de point quadrat modificado. *Taller de Arb. Forra. para Zon. Ári y Semiá.* **2**: 71-79.
- PAZOS, B., y MORALES, L. 2018. Computación

corporal: Expansión de la sensibilidad computacional hacia mejores experiencias de usuario. XXI Con. Trab. Estud. (EST)-JAIIO 47: 16-36.

PEROVIC, P., TRUCCO, C., TÁLAMO, A., QUIROGA, V., RAMALLO, D., LACCI, A., BAUNGARDNER, A. y F. MOHR. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad. APN/GEF/BIRF. Salta. 74 pp.

ROIG, F. 1973. El cuadro fitosociológico en el

estudio de la vegetación. *Des.* 4, 45-67.

SHANNON, C. 1949. Communication theory of secrecy systems. *The Bell sys. tech. jour.* **28** (4): 656-715.

SORIANO, A. y PARUELO, S. 1990. El pastoreo ovino: principios ecológicos para el manejo de los campos. *C. Hoy.* **2** (7): 44-53.

VIVANCO, M. 2005. Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones. Editorial universitaria. Santiago de Chile. 207 pp.

Naturalia Patagónica