

ECOLOGÍA DE DISTURBIOS Y RESTAURACIÓN DE ESTEPAS ARBUSTIVAS DEL MONTE AUSTRAL EN EXPLANADAS ABANDONADAS DE LA CUENCA NEUQUINA

G.A Zuleta, L.G. Reichmann, M.C. Li Puma

Centro de Estudios Ambientales, Universidad Maimónides

Dpto. de Ecología, Genética y Evolución, Fac. Ciencia Exactas y Naturales, UBA

A. Fernández,

Centro de Estudios Ambientales, Universidad Maimónides

A.D. Bustamante Leiva

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue

P. Tchilinguirián

Centro de Estudios Ambientales, Universidad Maimónides

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

ABSTRACT

El objetivo de este trabajo es presentar a la comunidad petrolera una síntesis de los principales resultados de dos líneas de investigación aplicada llevadas a cabo en sitios severamente degradados por la explotación de hidrocarburos.

Ecología de disturbios. A fin de evaluar los procesos de regeneración natural post-disturbio se investigaron, durante febrero-marzo de 2002 y mediante un diseño de muestras pareadas (explanada vs control), 18 explanadas abandonadas hace 5-40 años ubicadas en una matriz de estepas arbustivas semiáridas del Monte Austral (NO de Río Negro). Al cabo de 40 años post-disturbio el ecosistema natural no logra recuperarse por sí sólo en niveles aceptables mínimos (75% de similitud explanada-control). La vegetación es el componente que responde más rápidamente (61% de similitud florística a los 35-40 años) y exhibe una respuesta lineal al tiempo de abandono. La fauna, en cambio, exhibe una respuesta muy tardía (32% de similitud de especies cavícolas a los 35-40 años). El restablecimiento básico de la microtopografía (formación de montículos) demandaría tiempos intermedios (≥ 42 años).

Restauración ecológica. A fin de evaluar cuál es el tipo de enramados (técnica de reconstrucción de montículos) más efectivo para acelerar el restablecimiento de la vegetación y resistir simultáneamente a los riesgos regionales de destrucción (vientos intensos, pisoteo por ganadería), se implementó, en marzo de 2002, un diseño experimental de dos factores: forma (circular o rectangular) y densidad de ramas (laxo o denso) del montículo artificial. Al cabo del primer año, la cobertura vegetal fue cinco veces mayor (31%) que en los sitios no restaurados (6%), sin diferencias entre factores. Asimismo, ningún enramado fue alterado por los factores de riesgo.

INTRODUCCIÓN

Desde hace 25-30 años, el estudio de los disturbios generados por las actividades antrópicas ha adquirido mayor relevancia impulsado por la necesidad de desarrollar prácticas ambientalmente sustentables y programas de restauración ecológica a fin de revertir, o al menos reducir, el masivo y

creciente impacto del hombre en casi todos los ambientes terrestres del mundo (WCMC 1992; WRI 1994). En este sentido, los modelos sucesionales son las herramientas teóricas más adecuadas para predecir la evolución de un ecosistema luego de un disturbio, detectar componentes clave, y contribuir al manejo ambiental (Clements 1918; Mac Mahon 1987; Bertiller & Bisigato 1998). La frecuencia, intensidad y escala del disturbio, así como las diferencias ecológicas en las condiciones iniciales de cada sitio alterado, son los factores determinantes de los patrones sucesionales post-disturbio, en particular de la velocidad de regeneración (Pickett & White 1985; Coffin & Lauenroth 1988).

En los ecosistemas áridos, el restablecimiento de las condiciones naturales ante disturbios severos es muy lento debido a la baja resiliencia de estos sistemas (Noy-Meir 1973). Por ejemplo, en los jarillales desérticos de *Larrea tridentata*, ubicados en el SO de EE.UU, el tiempo de recuperación natural de las zonas severamente alteradas por la minería o prácticas militares se ha estimado entre 50 a 300 años (Bainbridge & Lovich 1999). Ello se debe a que la disponibilidad en el suelo de los recursos críticos (agua, nutrientes) en estos ambientes es sumamente escasa (varios órdenes de magnitud menos que en los ecosistemas templados o tropicales; Mac Mahon 1987) limitando por muchos años la germinación de las semillas, el punto de partida de cualquier regeneración. Por ello la disponibilidad de recursos representa uno de los factores primarios que controlan el funcionamiento de la sucesión post-disturbio, especialmente durante las primeras etapas (Schlesinger et al. 1990; Aguiar & Sala 1999; Schwinning & Ehleringer 2001).

En Argentina, los ecosistemas áridos o semiáridos ocupan casi el 50% del país (Cabrera & Willink 1973; Le Houèrou 1996) y buena parte de los mismos están perturbados por actividades productivas ambientalmente no sustentables (ganadería, tala, minería). En el norte de Patagonia, la ecoregión del Monte Austral contiene a la Cuenca Neuquina, la zona más productiva de hidrocarburos del país. Debido a ello, soporta una intensa actividad petrolera (más de 10.000 pozos) cuyo impacto ambiental directo, inevitable y de mayor magnitud, tanto espacial como temporal, es el disturbio extremo del hábitat en los sitios de explotación (explanadas, caminos de acceso). Ello se debe a la acción simultánea de tres actividades: eliminación completa de la vegetación nativa (desmonte), alteración del suelo (decapitación, compactación) y modificación total del microrelieve y de la estructura del paisaje (destrucción de montículos o “islas de fertilidad”). Cuando las prácticas petroleras cesan o la infraestructura es abandonada, las condiciones ambientales rara vez retornan a la situación original (Zuleta et al. 2001), aún en aquellos casos donde se aplican técnicas clásicas como el escarificado o la recomposición de estratos edáficos (Bustamante Leiva et al. 1999; FACA UNCo - PC 1999), que usualmente no van más allá de lo que exige o recomienda la legislación vigente (SE 1992; ENARGAS 1995).

Hasta el momento, los patrones de regeneración natural en explanadas petroleras abandonadas no han sido aún investigado en Argentina, e incluso son muy escasos los experimentos científicos que se han llevado a cabo para validar técnicas de restauración ecológica en ambientes severamente perturbados (Bustamante Leiva et al. 1999; Bustamante Leiva & Bünzli 2001). Sin embargo, ambos conocimientos son esenciales para manejar estos sistemas y reducir así los daños y pasivos ambientales existentes. En este contexto, iniciamos un proyecto de investigación aplicada conformado por dos líneas de trabajo y cuyos objetivos son, respectivamente: (1) analizar las relaciones funcionales existentes entre el tiempo de abandono de explanadas petroleras y los procesos de regeneración natural post-disturbio; y (2) determinar la efectividad de técnicas de restauración ecológica en ambientes severamente perturbados, a fin de acelerar procesos naturales de recuperación.

El objetivo de este trabajo es presentar a la comunidad petrolera una síntesis de los principales resultados obtenidos.

DESARROLLO

Área de Estudio

Las investigaciones en ecología de disturbios se realizaron a escala regional mientras que los ensayos experimentales de restauración se llevan a cabo a escala local. En ambos casos, el sistema bajo estudio son explanadas petroleras abandonadas pertenecientes a yacimientos ubicados a lo largo del eje de la Ruta Nacional N° 151, entre las localidades de Cinco Saltos y Catriel (Río Negro; Figura 1). El área de estudio regional abarca una superficie de 3.000 km² (60 km de longitud N-S y 50 km E-O) e incluye sitios ubicados en la provincia del Neuquén.

El clima de la región es árido, las precipitaciones anuales varían entre 80 y 200 mm, y la temperatura media anual es de 13,4°C con una amplitud térmica de 16,0°C (Paruelo et al. 1998.a). Geomorfológicamente, el área de estudio está ubicada en las antiguas planicies aluviales disectadas o planicies de rodados patagónicos (González Díaz y Malagnino 1984). La altitud de los sitios de estudio varía de 354 a 574 msnm. Fitogeográficamente, la región pertenece al Monte (Cabrera & Willink 1973), subunidad Monte Austral (León et al. 1998). Las explanadas abandonadas están ubicadas en una matriz de ecosistemas naturales sometidos a disturbio leve (pastoreo extensivo) a mediano (pastoreo intensivo, tala, incendios), a pesar de lo cual presentan un estado relativamente bueno de conservación. Fisonómicamente, predominan las estepas arbustivas compuestas por jarillas (*Larrea divaricata* y *L. cuneifolia*), alpataco (*Prosopis* spp.) y zampa (*Atriplex lampa*). Estas especies conforman el estrato superior que rara vez supera los 2,5 metros de altura. La cobertura total de la vegetación varía del 20 al 64% (León et al. 1998; Bustamante Leiva et al. 2001; Reichmann 2003).

Diseño de Muestreo en Ecología de Disturbios

Entre febrero y marzo de 2002, el proceso de regeneración natural en explanadas abandonadas fue evaluado según un diseño de muestras pareadas, comparando cada sitio post-disturbio (explanada: E) con su respectivo control (C) a fin de establecer el grado de similitud entre ambos (E-C). Para cada explanada se seleccionó un sitio control en el área natural contigua (no perturbada) a una distancia mínima de 100 m. Se utilizaron 18 explanadas abandonadas ubicadas en yacimientos operados por las empresas Tecpetrol S.A. (11 explanadas), REPSOL-YPF S.A. (5) y PECOM Energía S.A. (2) (Tabla 1). Las explanadas fueron seleccionadas de modo tal de cubrir el máximo rango de años de abandono posible para el área de estudio: hasta 42 años (la explotación petrolera comenzó entre 1959-1963). A su vez, y a fin de minimizar el riesgo de incidencia de factores no controlados o no conocidos en el proceso de regeneración natural, las 18 explanadas fueron seleccionadas teniendo en cuenta que no hayan sido alteradas por actividades humanas (petroleras o no) luego del evento del abandono. Para ello se prospectó previamente un total de 85 explanadas abandonadas, varias de las cuales fueron descartadas al detectarse evidencias o indicios de actividad humana post-disturbio (p.e. reintervención operativa, contaminación, circulación vehicular, vandalismo). También se descartaron explanadas cuyos áreas naturales aledañas no presentaban condiciones de referencia (i.e. bajo impacto).

Tanto en cada sitio perturbado como en su control se eligieron al azar, dentro de un área de muestreo de una hectárea, 10 parcelas de 10x10 m (unidades muestrales). En cada parcela se estimaron variables indicadoras de la regeneración ecológica: diversidad de especies vegetales, actividad de fauna (énfasis en especies formadoras de suelo) y desarrollo de montículos (estructura de la microtopografía). Las especies de plantas presentes en cada parcela fueron contabilizadas e identificadas hasta el menor nivel taxonómico posible utilizando como clave la Flora Patagónica (INTA 1969, 1971, 1978, 1984, 1988). La cobertura total, la cobertura específica y el porcentaje de suelo desnudo se estimaron utilizando la escala de Braun Blanquet (1950) adaptada para ambientes semiáridos (León et al. 1998; Reichmann 2003). La actividad de la fauna, en particular mamíferos, fue cuantificada mediante el relevamiento de rastros asociados a la modificación del suelo (cuevas, hociqueos y dormideros; Gorglione 1998). Para la identificación específica de las cuevas se contó con la asistencia de un rastreador local (Fernández 2002). El grado de desarrollo de montículos fue evaluado según las categorías descriptas por Soriano et al. (1994): en formación, en deflación, estable o sin montículo (pavimento del desierto o suelo desnudo).

Tabla 1. Lista de las 18 explanadas petroleras abandonadas investigadas durante febrero-marzo de 2002.

Pozo	Años de abandono ¹	Yacimiento	Área	Empresa
PB-10A	5	Piedras Blancas	Entre Lomas	PECOM
BP-58	5	Bajo del Piche	Bajo del Piche	YPF
BPO-5	7	Bajo del Piche Oeste	Bajo del Piche	YPF
BP-62	8	Bajo del Piche	Bajo del Piche	YPF
PB-6A	9	Piedras Blancas	Entre Lomas	PECOM
BP-46	12	Bajo del Piche	Bajo del Piche	YPF
CC-x1	13	Cerro Cortado	Agua Salada	TECPETROL
BPO-7	15	Bajo del Piche Oeste	Bajo del Piche	YPF
LJ-13	15	La Jarilla	Agua Salada	TECPETROL
BA-x4	21	Barda Alta	Catriel Viejo	TECPETROL
LJ-7	23	La Jarilla	Agua Salada	TECPETROL
LM-x7	27	Loma Montosa	Catriel Viejo	TECPETROL
Lch-x2	29	Loma Chica	Catriel Viejo	TECPETROL
LM-x5	32	Loma Montosa	Catriel Viejo	TECPETROL
PRN-x1	34	Punta Rosada Norte	Catriel Viejo	TECPETROL
TP-x1	35	Tres Picos	Agua Salada	TECPETROL
LM-x6	35	Loma Montosa	Catriel Viejo	TECPETROL
BG-x1	37	Bajo Guadaluza	Catriel Viejo	TECPETROL
LM-x3	40	Loma Montosa	Catriel Viejo	TECPETROL

¹ estimado para febrero 2002 (Fuente : Tecpetrol, Repsol-YPF y Pecom)

Diseño Experimental para Rehabilitar Montículos

A fines de marzo de 2002, la efectividad de métodos de restauración ecológica comenzó a ser evaluada experimentalmente. Se implementó la técnica denominada “enramados” (Ludwig &

Tongway 1996) a fin de reconstruir artificialmente montículos, un componente estructural esencial de la microtopografía del Monte Austral y de muy lenta regeneración natural (Tchilinguirian 2002). Dicho método, que consiste en pilas entrelazadas de ramas, se basa en la imitación del principio ecológico según el cual los paisajes áridos se organizan en forma de parches o estructura de montículos (Soriano et al. 1994; Aguiar & Sala 1998) y en el supuesto que los enramados facilitarían procesos clave en la regeneración de ambientes perturbados: acumulación de hojarasca, retención de humedad, aumento de materia orgánica, restablecimiento de la vegetación.

En nuestro estudio, la técnica de montículos artificiales fue específicamente diseñada a fin de evaluar la efectividad de los enramados bajo la acción de factores de riesgo de destrucción, de modo tal de brindar una solución realista considerando el contexto ambiental y social de la región (Li Puma 2003). En particular, se consideró prioritario evaluar la resistencia de los enramados a la acción eólica (riesgo natural) y al pisoteo de la ganadería (riesgo antrópico). Estos factores, que ocurren frecuentemente en toda el área de estudio, no son controlables o su control demandaría costos excesivos o serían socialmente conflictivos (p.e. clausuras o exclusión permanente del ganado). Asimismo, y para incrementar las condiciones de realismo y aplicabilidad, las investigaciones se llevan a cabo sobre una explanada petrolera recientemente abandonada (2 años al inicio del experimento) perteneciente al pozo LBS X-1001 del Yacimiento La Barda, Área Agua Salada (provincia de Río Negro) operada por Tecpetrol S.A. Para la construcción de los montículos artificiales se utilizaron ramas de especies nativas (jarillas) por su alta abundancia en las inmediaciones de la explanada y por que pueden ser podadas sin afectar la sobrevida de la planta.

A fin de evaluar cuál es el tipo de enramados más efectivo para acelerar el restablecimiento de la vegetación y resistir simultáneamente a los riesgos de destrucción, se aplicó un diseño de bloques al azar tipo ANOVA de dos factores, siendo éstos: (1) la forma del montículo artificial (circular –4 m de diámetro- y rectangular –2x7 m-) y (2) densidad de ramas (laxo –25 kg de ramas- y denso –50 kg-). En cada bloque se dispusieron al azar y alineadas sobre una transecta de 60 m, las cinco unidades experimentales resultantes: las cuatro combinaciones forma/densidad de enramados y una parcela control (área de 4x7 m de la explanada sin restaurar). Se instaló un total de 5 bloques (réplicas) en una superficie de 60x106 m de la explanada LBS X-1001, libre de vegetación. En todas las unidades experimentales, incluidas las parcelas control, se removió el suelo de la explanada (mayormente canto rodado) antes de construir los montículos, a fin de reducir la compactación del suelo y homogeneizar todos los sitios. En enero 2003, se realizó el primer muestreo de composición y estructura florística, luego del pico primaveral de productividad primaria (noviembre-diciembre) según las estimaciones de Paruelo et al. (1998.a y b). La metodología utilizada fue similar a la descripta para los estudios en ecología de disturbios.

Resultados. I. Regeneración Natural en Explanadas Petroleras Abandonadas

Vegetación. Para estudiar la recuperación de las explanadas según la vegetación, se comparó la composición de especies calculando el índice de similitud de Sorensen cuantitativo (*Sc*; Magurran 1988) de cada par E-C. El índice *Sc* considera tanto la frecuencia como la cobertura por especie y el rango de valores que puede tomar varía entre cero (sin especies compartidas, sitios totalmente disímiles) y uno (superposición completa de especies, sitios idénticos). Por convención (Ratcliff 1993), se considera una similitud deseable mínima (en términos de regeneración ecológica) a los valores de $Sc \geq 0,75$ equivalente a un 75% de semejanza E-C.

Para las explanadas recientemente abandonadas (< 10 años) la similitud con los sitios de referencia fue apenas el 20 %, mientras que el 50% de similitud E-C se obtuvo alrededor de los 25 años de abandono (Figura 2). Las explanadas más antiguas (35-40 años) se parecieron a sus controles en no

más del 70 %; en ningún caso se alcanzó el mínimo valor deseable de similitud entre el sitio perturbado y su control. El conjunto de valores *Sc* ($n = 18$) se sometió a un análisis de regresión lineal con los años de abandono que resultó altamente significativo ($R^2 = 0,874$; $p < 0,001$) mostrando una respuesta global de la vegetación directamente proporcional al tiempo post-disturbio (Figura 2).

Fauna. Para evaluar la recuperación de las explanadas según la fauna, se utilizó también el índice *Sc* comparando, en este caso, la composición de rastros de especies cavícolas para cada par E-C. El conjunto de valores *Sc* ($n = 18$) se sometió a un análisis de regresión con los años de abandono siendo el modelo de regresión exponencial el único que resultó significativo ($R^2 = 0,640$; $p = 0,030$) mostrando una respuesta de la fauna no lineal con el tiempo post-disturbio (Figura 3). Ello se debe a que la actividad de la fauna cavícola fue nula en las explanadas de hasta 20 años de abandono y ocasional en las explanadas de 21 a 33 años ($< 20\%$ de similitud E-C). En este rango de años sólo se registraron rastros de lagartijas y pequeños roedores. Recién a partir de los 34 años de abandono se detectó en las explanadas el inicio de una actividad de residencia (cuevas) de especies de mayor incidencia en la formación de suelos (cuises, tuco-tucos, armadillos), pero la similitud E-C varió entre 6 y 69% (Figura 3).

Montículos. La similitud entre E-C en la composición de los distintos tipos de montículos aumentó en forma lineal con el tiempo de abandono ($R^2 = 0,820$; $p < 0,001$; $n = 18$). La similitud fue mayor al 50% recién a los 30 años y superaría el valor deseable mínimo de regeneración a partir de los 42 años (Figura 4).

Resultados. II. Efectividad de Enramados para Rehabilitar Montículos

Riesgos de destrucción. Desde su instalación, el experimento fue visualmente inspeccionado quincenalmente por personal de Tecpetrol. Al cabo de un año, todos los tipos de enramados ensayados resistieron tanto a las condiciones atmosféricas (en particular vientos intensos: ráfagas mayores a 100 km/h durante agosto-septiembre 2002) como a la presión del ganado doméstico (en particular pisoteo) existente en el área. No hubo ningún caso de alteración evidente en los montículos artificiales. Tampoco hubo casos de deterioro por vandalismo.

Respuesta de la vegetación. Durante el primer muestreo (enero 2003) se contabilizó, en las 25 unidades experimentales, un total de 2180 individuos vegetales pertenecientes a 15 especies nativas. Se registró una diferencia significativa de la cobertura vegetal entre tratamientos y controles, según un análisis de ANOVA no paramétrico (prueba de Friedman; $p < 0,025$). En los montículos artificiales la cobertura promedio fue cinco veces mayor (31%) que en los sitios no restaurados (6%), si bien se detectó una alta variabilidad entre réplicas en ambos casos (Figura 5). Entre los enramados, la cobertura vegetal fue independiente de los dos factores analizados: forma y densidad de ramas. Cabe destacar que el 76% de los individuos registrados y el 96% de la cobertura vegetal estimada corresponden a una sola especie, *Salsola kali* (cardo ruso), una planta oportunista presente en la explanada al inicio del experimento en baja abundancia (1,8 ind/ha). Con relación a la riqueza florística, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y controles: en ambos casos el promedio fue de 3,2 especies. Entre los montículos, sólo se registraron diferencias secundarias ($p < 0,059$) según la densidad de ramas: los laxos presentaron más especies ($3,3 \pm 1,3$) que los densos ($2,4 \pm 1,5$).

CONCLUSIONES

- Las investigaciones en explanadas petroleras abandonadas ubicadas en la Cuenca Neuquina demuestran que, al cabo de 40 años post-disturbio el ecosistema natural (Monte Austral) no logra regenerarse por sí sólo en niveles aceptables mínimos (75% de similitud con los sitios de referencia).
- A los 35-40 años desde el abandono, la vegetación de las explanadas se asemeja, en promedio, un 61% con relación a los ambientes naturales aledaños (control).
- La vegetación es el componente que responde más rápidamente y exhibe un patrón significativamente proporcional al tiempo de abandono.
- La fauna, en cambio, exhibe una respuesta muy tardía en la regeneración natural post-disturbio.
- Ninguna de las especies formadoras de suelos (p.e. tuco-tucos, armadillos), el grupo funcional de mayor relevancia en los procesos sucesionales de ambientes áridos (Whitford & Kay 1999), utiliza las explanadas como ambientes de residencia (actividad indicadora de calidad del hábitat) antes de los 35 años de abandono.
- A los 35-40 años desde el abandono, la actividad de la fauna de las explanadas se asemeja, en promedio, un 32% con relación a los sitios de referencia.
- El restablecimiento básico de la microtopografía (formación de montículos) demandaría tiempos intermedios entre la vegetación y la fauna cavícola.
- Los montículos artificiales, basados en enramados de jarillas, representan una técnica adecuada para resistir a los factores regionales de riesgo que amenazan su integridad estructural.
- Durante el primer año, la reconstrucción de montículos fue efectiva para acelerar significativamente el establecimiento y crecimiento de la vegetación en explanadas recientemente abandonadas.
- Sin embargo, estas conclusiones deben tomarse con precaución dado que el proceso de recuperación ecológica recién comienza y la técnica utilizada tiene un alcance limitado de restauración.

AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones fueron y están siendo financiadas por la empresa Tecpetrol S.A. y la Universidad Maimónides (subsidiarios especiales a GAZ). Numerosa gente ha colaborado en este proyecto. Agradecemos especialmente al personal de Tecpetrol asignado al Área Agua Salada por la permanente colaboración brindada durante el trabajo de campo, particularmente a Juan José Hernández, Miguel Valín y Javier Eliosoff. A Stephen Wharton (sede Buenos Aires) por facilitarnos la interacción con el personal de campo y por alentarnos en todo momento. Al personal de las empresas PECOM Energía y REPSOL-YPF por facilitarnos el acceso a sus yacimientos e información de los pozos relevados, en particular a Jorge Fasano (Regional Neuquén), Alberto Caligari (Área Entre Lomas) y Mauro Fredes (Área El Medanita) de PECOM, y Jorge Ferreyra, Rubén Ferrari y Juan Carlos Rueda (Regional Catriel) de REPSOL-YPF. A Adolfo Giusano y Juan Pettazzi (Dirección de Hidrocarburos, Neuquén) por facilitarnos toda la información necesaria para la ubicación de pozos, y colaborar en tareas de campo. A Daniel Cimolai, propietario de los terrenos donde se ubican los pozos LM, LCh y BG, por facilitarnos alojamiento durante los muestreos en su campo, así como por su permanente hospitalidad y asistencia. A Adriana Bustamante, Juan Rivas y Marilina Lucero por su colaboración en el campo. A María Isabel Bellocq por su asesoramiento académico, en particular en diseño experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, M. M. and O. E. Sala. 1998. Interactions among grasses, shrubs, and herbivores in Patagonian grass-shrub steppes. *Ecología Austral* 8: 201-210.
- Aguiar, M. R. and O. E. Sala. 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 273-277.
- Bainbridge, D. and J. Lovich. 1999. Anthropogenic degradation of the southern California desert ecosystem and prospects for natural recovery and restoration - a review. *Environmental Management* 24: 309-326.
- Bertiller, M. and A. Bisigato. 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state-and-transition model for the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8: 191-199.
- Braun Blanquet, J. 1950. Sociología vegetal, estudio de las comunidades vegetales. Versión castellana de M. Grassi y A. Digilio. Buenos Aires.
- Bustamante Leiva, A. D. y A. B. Bünzli. 2001. Patrones de Distribución y Regeneración de *Larrea divaricata* Cav. y *Larrea cuneifolia* Cav. en las Planicies Antiguas del río Neuquén, Patagonia, Argentina. IV Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola. Chillán. Chile. Págs. 39-42.
- Bustamante Leiva, A. D., A. B. Bünzli, A.P. Bustamante y C.M. Venturini. 1999. Revegetación de áreas alteradas por la actividad petrolera. *Ambiental* 99'. Congreso Nacional. Págs. 87-96.
- Bustamante Leiva, A. D., A. B. Bünzli, A.H. Zappe. 2001. Estructura de la vegetación de las planicies antiguas del río Neuquén (Argentina). XXI Reunión Argentina de Ecología, Bariloche. Pág. 69.
- Cabrera, A. L. y A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington. 122 pp.
- Clements, F.E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Publication 242.
- Coffin, D. P. and W. K. Lauenroth. 1988. The effects of disturbance size and frequency on a shortgrass plant community. *Ecology* 69: 1609-1617.
- ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas). 1995. NAG - PR - 001. Guía de prácticas recomendadas para la protección ambiental durante la construcción de conductos para gas y su posterior operación. 29 págs.
- FACA UNCo - PC (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Comahue - Perez Compans S.A.) 1999. Manual de Técnicas de Rehabilitación de Áreas Disturbadas por la Apertura de Líneas Sísmicas. Yacimiento Río Neuquén. 124 págs.
- Fernández, A. 2002. Respuestas de la fauna modificadora del suelo en la regeneración natural de explanadas petroleras del Monte Austral. Tesis de Licenciatura. Universidad Maimónides. 54 págs.
- González Díaz E. y E. Malagnino 1984. Geomorfología de la Provincia de Río Negro. IX Congreso Geológico Argentino, Bariloche.
- Gorgoglione, E. C. 1998. Guía de campo para identificar los mamíferos del Neuquén. 257 págs.
- INTA. 1969. Flora Patagónica (Rep. Argentina Monocotyledonae (excepto Graminae). Colección Científica, Tomo VIII, parte II. Buenos Aires. 219 págs.
- INTA. 1971. Flora Patagónica. Colección Científica Compositae, Tomo VIII, parte VII. Buenos Aires. 451 págs.
- INTA. 1978. Flora Patagónica (Rep. Argentina) Graminae. Colección Científica, Tomo VIII, parte III. Buenos Aires. 563 págs.
- INTA. 1984. Flora Patagónica (Rep. Argentina) Dicotiledoneas dialipétalas (Salicáceas a Crucíferas). Colección Científica, Tomo VIII, Buenos Aires. 559 págs.
- INTA. 1988. Flora Patagónica. Colección Científica. Dicotiledoneas dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae). Tomo VIII, parte V, Buenos Aires.
- León, R. J. C., D. Bran, M. Collantes, J. M. Paruelo and A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
- Li Puma, M.C. 2003. Reconstrucción de montículos y experimentos de descomposición para rehabilitar estepas arbustivas del Monte Austral afectadas por la actividad petrolera. Tesis de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. (en elaboración).
- Ludwig, J. A. and D. J. Tongway. 1996. Rehabilitation of semiarid landscapes in Australia. II. Restoring Vegetation Patches. *Restoration Ecology* 4: 398-406.
- MacMahon, J.A. 1987. Disturbed lands and ecological theory: an essay about a mutualistic association. Cap. 15: 221-237. En: Jordan, W.R, M.E. Gilpin & J.D. Aber (Eds.). *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton Univ. Press. Princeton. 179 pp.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 25-52.
- Paruelo, J. M., A. Beltrán, E. G. Jobbágy, O.E. Sala and R.A. Golluscio. 1998.a. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.
- Paruelo, J. M., E.G. Jobbágy and O.E. Sala. 1998.b. Biozones of Patagonia (Argentina). *Ecología Austral* 8: 145-153.

- Pickett, S. T. A. and P. S. White. 1985. The Ecology of Natural Disturbances and Patch dynamics. Academic Press. New York, EEUU. 472 págs.
- Ratliff, R.D. 1993. Viewpoint: trend assessment by similarity – a demonstration. *Journal of Range Management* 46: 139-141.
- Reichmann, L.G. 2003. Indicadores florísticos de regeneración ecológica en explanadas petroleras abandonadas del Monte Austral. Tesis de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Manuscrito.
- Schlesinger, W. H., J.F. Reynolds, G.L. Cunningham, L.F. Huenneke, W.M. Jarrell, R.A. Virginia and W.G. Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247: 1043-1048.
- Schwinning, S. and J. R. Ehleringer. 2001. Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. *Journal of Ecology* 89: 464-480.
- SE (Secretaría de Energía). 1992. Resolución 105/92. Secretaría de Energía de la Nación Argentina.
- Soriano, A., O. E. Sala and S.B. Perelman. 1994. Patch structure and dynamics in a Patagonian arid steppe. *Vegetatio* 111: 127-135.
- Tchilingüirían, P. 2002. Origen y Evolución Geomórfica de los Nebkhas en el Monte Patagónico, Provincia de Neuquén. Actas del XV Congreso Geológico Argentino El Calafate, Santa Cruz.
- WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 1992. Global Biodiversity, Status of the Earth's Living Resources. Chapman & Hall. London. 585 págs. WRI (World Resources Institute) . 1994. People and the Environment. World Resources. A guide to the global environment. Oxford University Press. New York. 400 pp. Zuleta, G.A., A. D. Bustamante Leiva; M.C. Li Puma; L. Reichman, A. Fernández y M. Homberg. 2002. Ecología de disturbios y restauración de estepas arbustivas del Monte Austral en yacimientos de gas y petróleo de NorPatagonia. Resumen de investigaciones realizadas entre Noviembre de 2001 y Marzo de 2002. Informe de Avance N° 4. Universidad Maimónides - Universidad Nacional del Comahue. Argentina. 33 págs.
- Zuleta G.A., M.C. Cagnoni, P. Tchilingüirían, M.I. Bellocq, L. Denapole, M.C. Li Puma, C.M. Asorey, D. Kesselman, A. Fernández y S. Wharton. 2001. Regeneración ecogeomorfológica de estepas arbustivas del monte en explanadas petroleras abandonadas de NorPatagonia. XXI Reunión Argentina de Ecología, Bariloche. Pág. 245.

Figura 1. Mapa de ubicación de las explanadas investigadas (provincia de Río Negro).
Adaptado de Reichmann 2003.

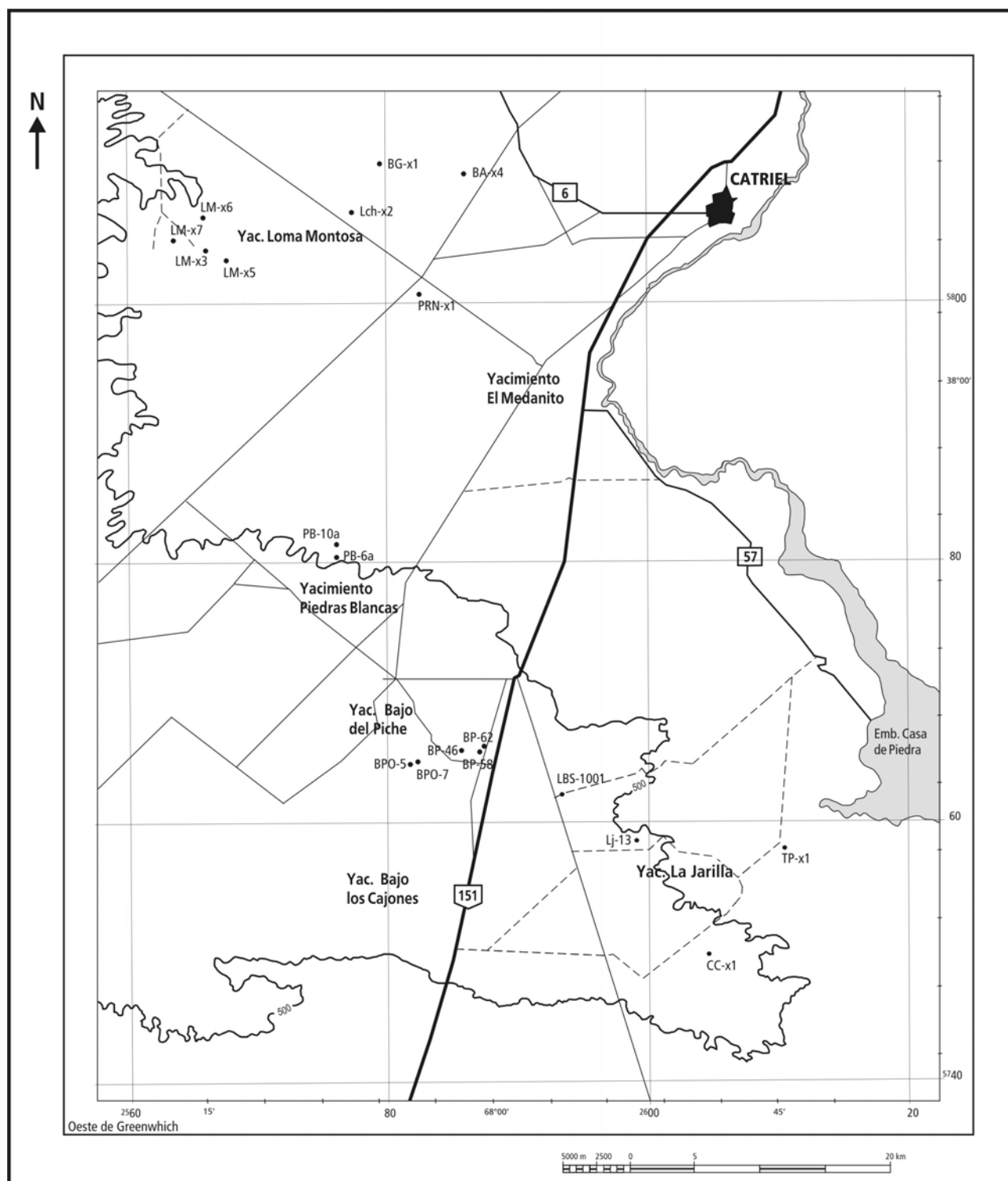


Figura 2. Relación entre el índice de similitud de Sorensen según la vegetación entre los pares E-C y los años transcurridos desde el abandono de las explanadas (adaptado de Reichmann 2003).

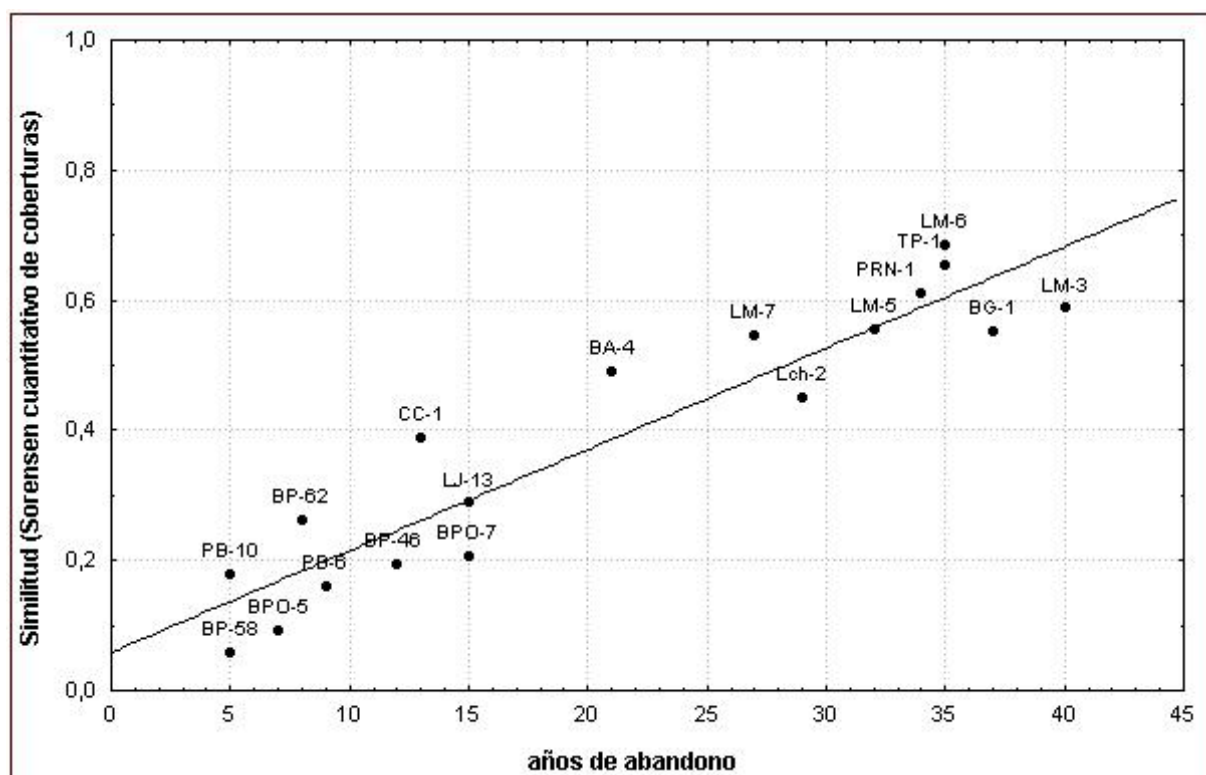


Figura 3. Relación entre el índice de similitud de Sorensen según la actividad de la fauna cavícola entre los pares E-C y los años transcurridos desde el abandono de las explanadas (adaptado de Fernández 2002).

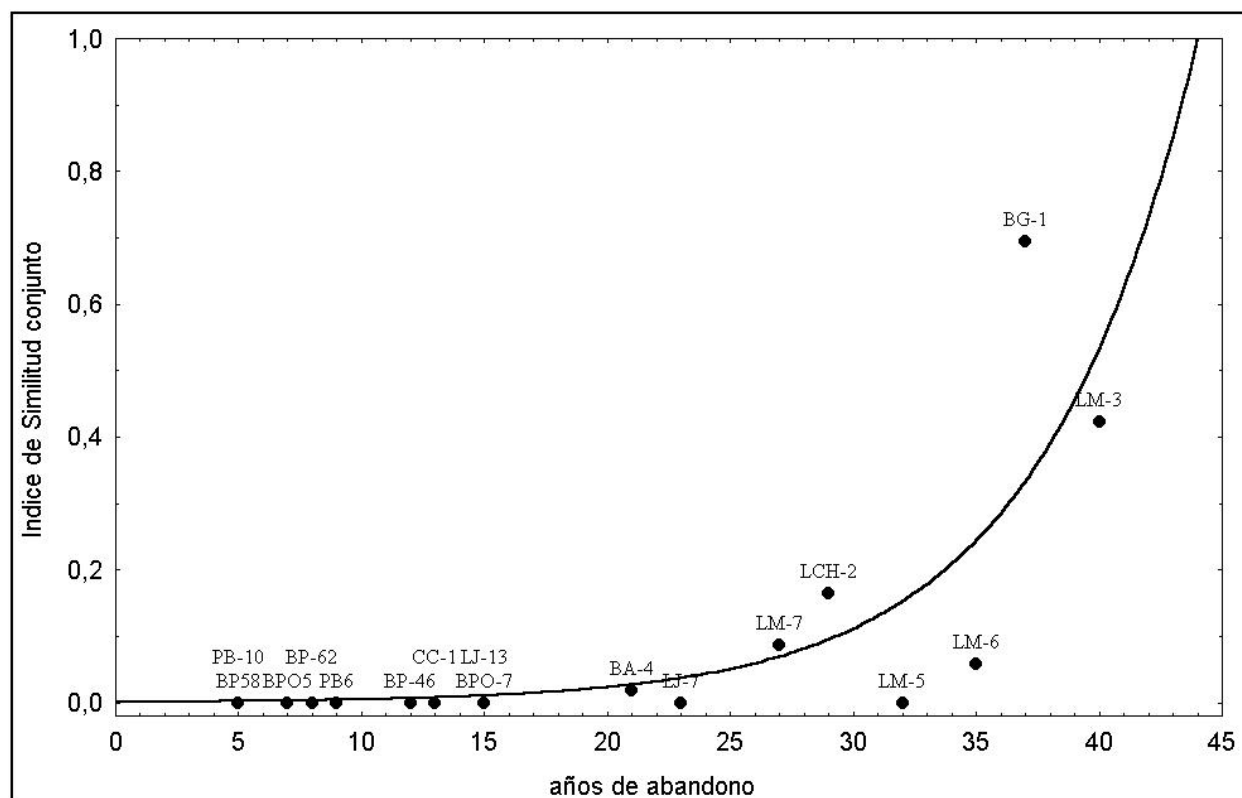


Figura 4. Variación de la cantidad de montículos (todas las categorías agrupadas) en los sitios perturbados (explanadas) y su control, con relación al tiempo de abandono de las explanadas.

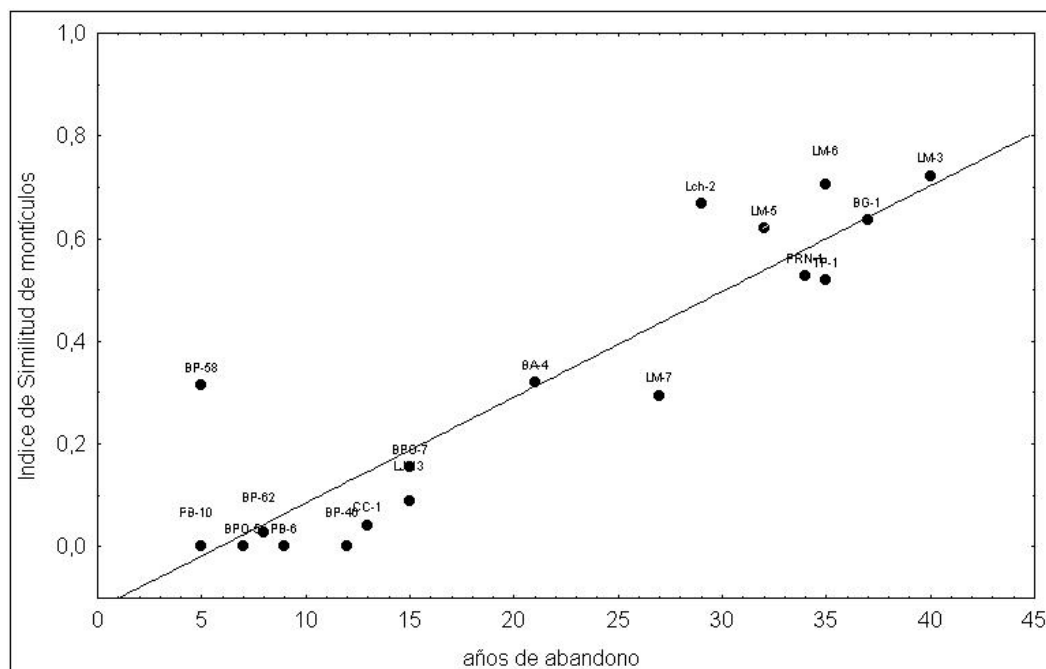


Figura 5. Cobertura vegetal según el tipo de enramado (tratamiento de restauración) y controles (sin restauración). Valores graficados: media y desviación estándar.

