



FLORA Y VEGETACIÓN DE UNA LOCALIDAD DEL SUR DE MENDOZA, ARGENTINA. RESULTADOS DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL POR ACTIVIDADES MINERAS

FLORA AND VEGETATION IN THE SOUTH OF MENDOZA, ARGENTINA. RESULTS OF AN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF MINING ACTIVITIES

EDUARDO RAPOPORT, J.A. MONJEAU, B. DRAUSAL, L. GHERMANDI
Y V. ARRECHEA

Universidad Nacional del Comahue, CRUB y CONICET, Bariloche 8400, Argentina

RESUMEN

Como resultado de nueve visitas al área de Potasio Río Colorado (37° S – 69° 30' W), un emprendimiento minero en el sur de Mendoza, se provee una lista florística y datos sobre densidad y cobertura de la vegetación. Asimismo, se agregan datos observacionales y experimentales sobre recuperación de áreas disturbadas.

Palabras clave: Disturbios, EIA, flora, halita, Mendoza, minería, potasio

SUMMARY

As a result of nine visits to the area of Potasio Río Colorado (37° S-69° 30' W), a mining establishment in the south of Mendoza, a floristic list and data on the density and cover of vegetation, are provided. Observational and experimental data on the reclamation and instructions

of the use of disturbed areas are also included.

Key words: Disturbances, EIA, flora, halite, Mendoza, mining, potash

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se originó en 1991 por invitación de la empresa minera Potasio Río Colorado S.A. (PRC), preocupada por los impactos ambientales que podrían derivarse de la explotación de un manto de cloruro de potasio (silvita) existente a unos 1100 m de profundidad, entre dos mantos de cloruro de sodio (halita). El proceso de extracción involucra perforaciones a esa profundidad, construcción de un acueducto desde el Río Colorado (a unos 5 km), inyección de agua precalentada, extracción de la fracción soluble y conducción de la salmuera (ca. 70 % NaCl + 30 % KCl) hasta piletas solares. En éstas, por evaporación y cristalización

diferencial se logra la primera separación de las sales, seguidas por purificación y transporte del KCl, y su comercialización como fertilizante. El NaCl residual deberá ser amontonado transitoriamente en "parvas" o "depósitos de colas" y reinyectado posteriormente a las cavernas abandonadas. Los problemas ambientales previsibles de la actividad minera podrían ser (1) extensos e intensos impactos sobre el suelo por vehículos, construcción de caminos, movimiento de tierra, etc., con subsiguiente erosión, emisión de polvo atmosférico y sedimentos transportables por lluvias, (2) dispersión de sales por el viento y lluvia, (3) derrames de salmuera desde las piletas de desecación y su eventual llegada al Río Colorado. La Provincia de Mendoza, en cuestiones ambientales se rige por la Ley 5961 cuyo artículo 27 crea la figura de Manifestación General de Impacto Ambiental, o sea un estudio de impacto ambiental que debe ser presentado al Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda. Por su parte, atentos a los Artículos 17 y 282 del Código de Minería de la Nación, la Dirección Provincial de Minería creó un Comité de Seguimiento para la Protección del Ambiente en el Área de Explotación de Sales de Potasio, con funciones de vigilancia ambiental adicionales, en donde participa el CRICYT y, para el caso específico del Río Colorado, se integró el COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado) ya que dicho curso de agua entra en jurisdicción de las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires.

El Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue integró un equipo formado por

los autores del presente trabajo (sector terrestre) y un equipo de limnólogos (E.G. Balseiro, B.E. Modenutti, D. Añón Suárez, C. Queimaliños y P. Gagliotti). Participaron también F. Pedrozo y M.J. Mazzarino en la parte química y edafológica, respectivamente, así como el laboratorio de Suelos de INTA, Bariloche, el geólogo C. Beros, el arquitecto R. Fuduric y la Lic. Biol. K. Heinemann. No se incluyen en el presente trabajo los estudios de ecología acuática, ni el modelo de difusión de solutos en el Río Colorado.

MATERIAL Y MÉTODO

Los suelos se analizaron a partir de 11 muestras compuestas (5 cm superficiales) extraídas en los sitios donde se ubicaron transectas fijas, para junio de 1991, donde se determinó contenido de sodio, potasio y cloruros. Las muestras fueron analizadas en el Departamento de Química del Centro Regional Universitario Bariloche mediante tamices de 250 μ m, tratadas con HNO₃ al 0,05 N y dosadas con fotometría de llama. Los cloruros se dosaron del agua intersticial de la pasta de suelo saturado y mediante microtitulación por el método de Mohr.

Los mamíferos se muestrearon mediante trampas de captura viva (Sherman) y de cebo.

Para el estudio de la vegetación se instaló una clausura de 20 x 20 m, rodeada por una valla de 5 líneas de alambre de púas, a principios de 1992. El área relevada (en un radio de 2,5 km alrededor del Establecimiento) corresponde a unos 20 km², recorridos en varias oportunidades. En total se hicieron 9 visitas a la zona:

junio y diciembre 1991, mayo y diciembre 1992, mayo y noviembre 1993, mayo 1994, junio y diciembre 1995.

Para evaluar la densidad y cobertura de la vegetación se establecieron seis transectas fijas de 100 m cada una, instaladas a barlovento y sotavento de caminos, de las áreas destinadas a ubicar las piletas solares, así como en las cercanías del campamento, donde se hallan los galpones, talleres y calderas. Sobre la base de una cinta métrica lo más rectilínea posible, se registró la intercepción de cada planta perenne y anual, esto es, arbustiva o herbácea. Posteriormente, se evaluó la densidad y cobertura en 30 parcelas circulares de 19,6 m² (área total censada: 588 m²), de tamaño más reducido y más fáciles de censar. Dichas parcelas fueron instaladas fuera de las transectas. La metodología para este tipo de relevamiento consistió en la instalación de una estaca central, a la cual se le ataba una cuerda de 7 m en el primer censo, y de 2,5 m de largo en el segundo.

A fin de estimar la resistencia diferencial de las especies nativas a la adición de cloruros de sodio y potasio se efectuó un diseño experimental de 6 x 6 tipo cuadrados latinos. Las parcelas fueron circulares, de 5 m de diámetro, esto es, de 19,64 m² cada una, individualizadas mediante una estaca en el centro. Fijada una cuerda tensa en el centro, se podía censar e individualizar cada planta haciendo girar la cuerda 360°, ya que se conocía la distancia al centro y la desviación angular respecto del Norte. En 6 parcelas se adicionó 1 kg de NaCl molido y, en igual número de parcelas, 1 kg de KCl, 5 kg de NaCl y 5 Kg de KCl, equivalentes a 0,5 ton/ha y 2,5 ton/ha de cloruros cada una, respecti-

vamente. Las restantes parcelas se dejaron como testigos. El 15 de mayo de 1992 se hizo un censo exhaustivo de cada parcela, tanto de individuos vivos como de muertos. En Diciembre de 1992 se repitieron los censos para verificar si habrían diferencias entre los tratamientos, computándose los individuos permanentes, reclutamientos y muertos.

RESULTADOS

Medio Físico

El área principal del emprendimiento se encuentra a los 37° 00 S y 69°30' W en la Provincia de Mendoza, Argentina. El relieve predominante es mesetiforme. Sobre una meseta de poca pendiente se hallan la vivienda y comedor del personal, galpones, salmueroducto, sala de calderas, piletas solares que ocupan la mayor extensión, y la estación meteorológica. La sala de bombas está a pocos metros de la margen norte del Río Colorado, que alimenta un acueducto que va desde los 720 hasta los 1000 m.s.n.m. El 70 % del área donde está el emprendimiento tiene pendientes < 10 %, cruzada por cuatro cañadones que, en épocas de lluvias, desaguan al Río Colorado. Pendientes > 25 % cubren menos del 5 % del terreno.

Los suelos son sueltos, de estructura pobre, con abundantes concreciones de yeso, típicamente desérticos, mayormente cubiertos por rodados y clastos basálticos; su pH oscila entre 6,0 y 7,5 (Potasio Río Colorado, 1993). Los análisis revelaron contenidos de:

Sodio de 0,098 a 0,201 (mg/g). Promedio 0.139 ± 0.031

Potasio de 0,165 a 0,242 (mg/g). Promedio $0,204 \pm 0,026$

Cloruros de 0,004 a 0,198 (mg/g). Promedio $0,032 \pm 0,058$

Los resultados señalan una relativa constancia de los cationes pero alta variación de los cloruros atribuibles, quizás en parte, a la existencia de altas densidades de cuevas de tucu-tucos (*Ctenomys*) en los sitios con máximo contenido de cloruros.

Pocos kilómetros aguas arriba del Río Colorado hay una estación de aforos que ha medido los caudales desde 1940. El promedio es de $96 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con mínimas de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ y máximas de $684 \text{ m}^3/\text{s}$. En sólo una oportunidad se registró un caudal de unos $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Las medidas máximas ocurren de noviembre a enero y las mínimas entre abril y agosto.

Fauna

Buena parte del interés mundial en la conservación de la naturaleza sesga sus esfuerzos en la protección de la biodiversidad de vertebrados. El desierto del monte, contrariamente a lo que puede aparentar su desolado paisaje, alberga una rica fauna de vertebrados en comparación a otros desiertos del mundo (Blair *et al.*, 1976; Orians & Solbrig, 1977; Mares *et al.*, 1985). En efecto, contiene tres familias de anfibios con 7 géneros; nueve familias de reptiles con 15 géneros y 20 especies; veintitrés familias de aves con 53 géneros y 57 especies; y 12 familias de mamíferos con 27 géneros y 34 especies.

Esta relativamente rica fauna de vertebrados en comparación con ambien-

tes similares de otras partes del mundo no es, sin embargo, notable en sus endemismos, ya que buena parte de sus especies y géneros están presentes en los biomas vecinos, es decir, que incluyen al desierto del Monte como parte de una distribución mucho más extensa. Esto es particularmente así en el caso de los mamíferos, en donde 25 de las 34 especies están representadas en otros biomas. En el caso de anfibios, reptiles y aves, hay muchas especies con distribución Monte-Chaco.

Por lo tanto, en lo que concierne a nuestro interés puntual, el área del emprendimiento minero no contiene ningún endemismo de vertebrados ni tampoco especies con un status conservativo tal que requiera un manejo conservativo especial. Además, es de destacar que el área principal del emprendimiento es una meseta basáltica alta sujeta a fuerte erosión eólica, es decir que geomorfológicamente se trata de una zona de deflación. Este proceso abiótico se ve catalizado por el pastoreo caprino a la que el área ha sido sometida durante decenios. La resultante de esta suma de características es un hábitat con una fuerte predominancia de una matriz de roca expuesta en superficie, compuesto por pequeños y numerosos parches de montículos arenosos con los intersticios rocosos, en las escorrentías naturales, y debajo de los arbustos de mayor porte. La consecuencia directa a nivel faunístico es la pauperización de la biota potencialmente susceptible de habitar el área, tanto por falta de sustentabilidad a nivel de producción primaria, como por la falta de refugio adecuado para la reproducción de vertebrados. De hecho, los únicos ejemplares capturados de mamífe-

ros en un muestreo mediante trampas de captura viva (Sherman) y de cebo fueron un *Eligmodontia*, cuya identificación específica no es confiable a campo (ver Sikes *et al.*, 1997) en un afloramiento rocoso, y un *Graomys griseoflavus* dentro de la sala de bombas, siendo estas localizaciones indicadores indirectos de la carencia de refugio en el ambiente natural. *Graomys griseoflavus* fue encontrado entre los cables eléctricos que alimentan a las bombas, cuando generalmente es esperable encontrar en esos nichos ligados a las actividades humanas a *Mus* o *Rattus*. La ausencia de estos roedores exóticos pandémicos y adaptables a casi cualquier ambiente del mundo señalan tanto la escasa actividad faunística como la extrema inhospitabilidad ambiental del área.

Rastros de presencia (heces y cuevas) de *Dolichotis patagonum*, *Microcavia australis* y *Ctenomys* spp. fueron detectadas en el área. En afloramientos rocosos de la vecindad (Cerro La Teta) se detectaron rasgos de presencia de otras especies además de las ya nombradas: *Phyllotis xanthopygus*, *Akodon iniscatus*, *Lagidium viscacia* y *Chaetophractus vellerosus*.. En las inmediaciones del cerro mencionado se encontraron restos de dinosaurios.

VEGETACIÓN

Estructuralmente se trata de una estepa arbustiva espinosa o matorral desértico. Fitogeográficamente, pertenece a la Provincia del Monte (Morello, 1958; Cabrera, 1971; Cabrera & Willink, 1973) en donde predominan las jarillas (*Larrea* spp.), esto es, formando “jarillares”, aunque con algunos elementos del norte

patagónico como *Chuquiraga rosulata*, compuesta arbustiva. En el área alta del establecimiento (900-1000 m.s.n.m.) domina *Larrea cuneifolia*, acompañada por arbustos espinosos como *Tricycla spinosa*, *Acantholippia seriphioides*, *Monttea aphylla*, *Schinus* aff. *johnstonii*, *Cercidium praecox*, y arbustos menores inermes como *Cassia aphylla*, *Gutierrezia* spp, así como algunas gramíneas o “coirones” del género *Stipa*.

En las partes bajas, cercanas a la margen norte del Río Colorado, la comunidad está caracterizada por los géneros *Baccharis* y *Tessaria*. En suelos salinos se presentan *Suaeda* y *Distichlis*. Los únicos “árboles” o arbustos altos en la zona son los tamariscos (*Tamarix gallica*), de origen exótico.

A los efectos de eliminar el factor de disturbio producido por el pastoreo y ramoneo de cabras, que puede oscurecer las evaluaciones del impacto humano, la clausura instalada a principios de 1992, mostró claros signos de apiñamiento de la vegetación herbácea alrededor de las plantas arbustivas dominantes que actuaban como “nodrizas”. Estas producen un efecto físico al filtrar y detener las partículas de suelo que se acumula bajo sus ramas, formando así montículos o microalbardones donde se refugian especies de menor porte. Dentro de la clausura se registraban 29 albardones “grandes”, censados, y 15 pequeños no censados, de menos de 50 cm de diámetro. La mayoría de los albardones se debían a la presencia del arbusto dominante: *Larrea cuneifolia* (21 en total) y, en menor medida por *Tricycla spinosa*. Más raramente, los montículos pueden conformarse por la presen-

cia de *Acantholippia seriphioides*, *Schinus aff. johnstonii*, *Cercidium praecox* u otros arbustos.

FLORA

La lista florística comprende 70-75 especies nativas y 15 exóticas. Estas últimas son raras, excepto *Polygonum monspeliensis* que aparece de vez en cuando entre la vegetación natural, y *Tamarix gallica* que abunda en las márgenes del Río Colorado. Su presencia es siempre circunstancial, efímera, y localizada en áreas disturbadas o con abundante provisión de agua.

Una visita al Cerro La Teta, a unos 20 km al NW del emprendimiento minero, realizada en diciembre de 1992, reportó 25 especies, de las cuales 18 eran compartidas con el área de la misma y 7 exclusivas (Tabla 1). Es interesante que, en sucesivas y “cuidadas” prospecciones, la lista florística en la zona del emprendimiento minero se incrementó de 32 especies en junio a 46 en diciembre de 1991 y a 90 especies en diciembre de 1995.

DENSIDAD Y COBERTURA DE LA VEGETACIÓN

Dado que nuestro interés principal era el de verificar cambios vegetacionales derivados de disturbios producidos por las actividades de la planta minera, juzgamos conveniente sentar las bases para un monitoreo a largo plazo. Para ello se establecieron las seis transectas fijas. Se trata, por tanto, de una estimativa de la abundancia y de una medida indirecta (y algo más abultada) de la cobertura real.

En realidad, lo que nosotros medimos, más que cobertura es el área cubierta por la copa. En una simulación por medio de las agujas de intercepción de follaje – sensiblemente menos denso en un área desértica, en especial por el reducido tamaño foliar de las especies – hemos estimado que el método de la intercepción mediante cinta métrica, incrementa las medidas reales de cobertura foliar entre un 50 y 70 %, según las especies censadas. Medidas más precisas de densidad las obtuvimos por recuentos en una parcela circular de 154 m² (Tabla 2), en un primer ensayo y, posteriormente, en las 30 parcelas circulares de 19,6 m². También se han registrado densidades a lo largo de líneas sísmicas trazadas por YPF y en caminos abandonados.

Sobre la base de las 30 parcelas circulares mencionadas se realizó una segunda estimativa de densidades (Tabla 3).

Las densidades medidas en la Tabla 2 (1,3 indiv/m²) y en la Tabla 3 (0,8 indiv/m²) son bajas a muy bajas, especialmente si consideramos que varias de las especies son pequeñas, especialmente las anuales como *Schismus barbatus* que, a veces, puede llegar a ser abundante aunque efímera. La relación entre individuos vivos y muertos en las especies perennes en la Tabla 3, resultó de $348/53 = 6,6$, medida que consideramos interesante para cualquier comparación con áreas sometidas a estrés por disturbios antrópicos en jarillares del sur de Mendoza y norte de Neuquén.

Recolonización de áreas disturbadas mecánicamente

Con el propósito de estimar la capacidad de recuperación de la vegetación na-

tural, se hicieron algunos censos en áreas previamente denudadas por acción humana

1. *Camino secundario* abierto unos 3-4 años antes, de muy escaso tránsito y prácticamente abandonado, o sea, sin signos aparentes del paso de vehículos. Cada 83 cm, aproximadamente, se aplicó el método PZ (Rapoport *et al*, 1995) registrando presencias o ausencias de plantas en Diciembre 1992. Sobre 300 registros se verificaron sólo 4 intercepciones, lo que representa 1,3 % de "cobertura" vegetal. A diez metros de distancia, paralela al mencionado camino, se hizo otra recorrida pero sobre vegetación natural no disturbada, verificándose 47 intercepciones sobre un total de 324 puntos. Esto representa un frecuencia o "cobertura" del 14,5 %.

2. *Línea sísmica* de más de 10 años, trazada por YPF, donde se eliminó la vegetación de manera radical. En un tramo de 30 x 3 m se contabilizaron 91 plantas que se detallan en la Tabla 4.

Es de destacar que sólo dos individuos de dos especies perennes (*Acantholippia seriphioides* y *Larrea cuneifolia*) son de significativo valor como fijadoras del suelo. La mayoría son plantas enanas, anuales y de escasa cobertura.

TRANSECTAS

En la Tabla 5, a manera de ejemplo, se transcriben los resultados obtenidos en un censo. El detalle de los restantes, y en aras de reducir espacio, se encuentra archivado en el Lab. Ecotono, U.N. Comahue, Bariloche, en la sede central de Potasio Río Colorado y Banco Mundial.

En el caso de la transecta 1A, cuyas estacas de marcación fueron perdidas, se decidió, en la segunda prospección, reemplazarla por otra (1N), cercana a ella. La intercepción representa la suma de las medidas longitudinales cortadas por la cinta métrica de todos los individuos encontrados de cada especie, expresadas en metros.

Dado que la cinta no siempre pasa por el "centro" de cada individuo sino, más bien, tangencialmente, suele suceder que la medida registrada de un gran arbusto, tocado por su borde, sea semejante a la registrada en una pequeña hierba.

Resistencia de la vegetación a la salinidad natural e inducida

Durante el estudio tuvimos la oportunidad de conocer sobre la resistencia a la salinidad por dos vías: una accidental y otra experimental.

VÍA ACCIDENTAL

El 22 de mayo de 1992, personal de la planta de PRC comprobó una fuga de salmuera que se produjo por una costura fallada de la lámina de polietileno del fondo de la pileta solar. Para evitar que se difundiera en una amplia extensión, personal de PRC procedió a remover tierra para encauzar la salmuera hacia un cañadón para acelerar su escurrimiento. Durante cuatro días fluyó el líquido hasta que se desagotó la pileta y pudo procederse a la reparación del daño.

La pileta solar, en ese momento, contenía sólo 8 cm de profundidad de salmuera, cubriendo un área de 250 x 400 m, esto es, un volumen de 8.000 m³, con un contenido de cloruros (Na y K) de aproxi-

madamente 300 a 400 g/litro. El área inundada cercana a la pileta solar, de unos 50 m de diámetro, evidenciaba un disturbio de tipo catastrófico pues la vegetación estaba totalmente muerta en las áreas más bajas. Los pequeños albardones alrededor del área inundada presentaban el arbusto principal, fijador del montículo, muerto. Las plantas herbáceas, por el contrario, no mostraban signos de haber sido afectadas por las sales. El mismo fenómeno se presentaba a lo largo del cañadón por donde fluyó por más de 4 km el derrame. Arbustos alejados, inclusive, a más de 5 m del cañadón se encontraban muertos. Vale decir, con solo una o unas pocas raíces que hubieran tenido contacto con las sales, bastaba para afectar la planta entera. Los arbustos menores y hierbas no fueron afectados, remarcando claramente la existencia de dos estrategias distintas para el aprovechamiento del recurso limitante, esto es, el agua, tal como lo describieran Sala *et al.* (1989) y Soriano y Sala (1983). Mientras los arbustos explotan principalmente las fuentes de agua subterráneas, gracias a las que acceden debido a sus extensas y profundas raíces, las plantas enanas, arbustos pequeños y pastos explotan principalmente el agua de las últimas lluvias. El ancho medio de la vegetación afectada a lo largo del cañadón era de unos 10 m. Estimamos que el derrame disturbó la vegetación arbustiva de unas 5-6 hectáreas en total, sumando todas las áreas afectadas.

Las especies con signos de muerte por stress salino fueron:

Acantholippia seriphoides
Gutierrezia solbrigii
Tricycla spinosa

Larrea cuneifolia
Senna aphylla
Monttea aphylla
Cercidium praecox ssp. glaucum
Prosopis alpataco
Fabiana denudata
Schinus fasciculata
Glandularia crithmifolia
Stipa chrysophylla

La más sensible de todas fue la pichanilla (*Senna aphylla*) que puede considerarse como la mejor indicadora de disturbios por salinización. Le sigue *Tricycla spinosa* en segundo término.

El derrame no llegó hasta el Río Colorado, la mayor preocupación por sus posibles efectos en poblaciones frutícolas y hortícolas a lo largo de esa vía. De todos modos, los 8.000 m³ derramados significan unas 32 toneladas de cloruros que quedaron retenidos en el suelo y que irán lixiviando, por lo menos parcialmente, hacia el río con las lluvias y torrentes esporádicos que se dan en el cañadón.

RECUPERACIÓN

Un año después del derrame, en el área inundada cercana a la pileta solar todos los individuos de *Senna aphylla* y *Cercidium praecox* aparecían muertos, ninguno con signos de rebrote. La revegetación se hizo más evidente al año medio, pero principalmente por especies herbáceas. A los tres años y medio se agregaron a la lista de rebrotados *Monttea aphylla*, *Gallardoia fischeri*, *Echinopsis* sp. Y *Gutierrezia solbrigii*. De un total de 142 ejemplares de *Larrea cuneifolia* revissados, el 12 % mostraba recuperación.

VÍA EXPERIMENTAL

Análisis de componentes principales para las especies vivas tienen un 27 % y 45 % de explicación de la varianza y covarianza, respectivamente. Los grupos no eran homogéneos y los tratamientos se asemejaban a los testigos. La matriz de individuos secos arrojó resultados similares a los de la matriz de individuos vivos (31 % de explicación de la varianza). Los grupos mezclan testigos y tratamientos, no mostrando diferencias. Idénticos resultados se obtuvieron al comparar el censo siguiente (Mayo 1993), esto es, a un año del tratamiento.

Por tal razón, para esta última fecha se aumentaron las dosis de cloruros. Se utilizaron cinco parcelas de iguales dimensiones que en el experimento anterior. A diferencia de éste, se aplicaron mezclas de NaCl y KCl disueltos en agua, en partes iguales, a razón de 15 toneladas de salmuera por hectárea. Cinco parcelas se dejaron como testigos. Un año después, esto es, en Mayo de 1994, un test de Mann-Whitney no muestra diferencias significativas, entre los arbustos vivos de ambos tratamientos ($z=0.838$; $P=0.402$). Esporádicos casos donde se produjeron salpicaduras al regarse con salmuera, las ramas más bajas de los arbustos presentaban “quemaduras” por la sal. Individuos de *Larrea cuneifolia* mostraban entre el 5 y 90 % de las hojas afectadas. El número de especies por parcela varió entre 8 y 17 en las tratadas y entre 10 y 15 en las no tratadas, sin mostrar diferencias. El número de arbustos secos por parcela, sin embargo, mostró ser significativamente mayor donde se aplicó la salmuera (3, 11, 46, 14 y 11) comparando con los testigos

(0, 3, 1, 1 y 2). Un test de Mann-Whitney señala diferencias significativas para un nivel de $P < 0.05$. Vale decir que, aparentemente, la intensidad del disturbio señalaría que se llegó a niveles de sales de tipo umbral y que, en caso de incrementarse la dosis, la vegetación sería drásticamente afectada.

Resumiendo, hubo signos de mayor mortalidad en las parcelas tratadas con salmuera en el primer año pero, posteriormente, mostraron síntomas de recuperación. Aparentemente, se confirmarían las observaciones de Grattan *et al.* (1981) citados por Kruger & Rennie (1983), quienes hallaron que la absorción de Na^+ y Cl^- por las hojas de tomate, soja, poroto y ají se reduce notablemente en condiciones de baja humedad, sin producir mayores daños foliares.

DISCUSIÓN

Se sabe que las plantas sometidas a un incremento de NaCl pueden incorporar dicha sal a sus tejidos. Ese stress conduce a cambios fisiológicos como la disminución de carbohidratos, especialmente sucrosa y almidón. También disminuye la tasa de transpiración y se produce la abscisión de las hojas (Spirig & Zolig, 1982, Flückinger *et al.* 1982). Sólo sometiendo tres de las más de 20 raíces de un cactus a soluciones salinas se reduce o detiene su crecimiento, disminuye la fijación del carbono y llega a producir la muerte (Gersani *et al.*, 1992). El NaCl genera ramificaciones anormales, apiñamiento de brotes y muerte de tejidos apicales (Kruger & Rennie, 1983; Redmann, 1983).

Relativamente buena experiencia sobre cómo afecta el NaCl a la vegetación se ha obtenido en países europeos y EE.UU. a partir del uso de esa sal como anticongelante en calles urbanas y rutas. Actualmente ya existe legislación que regula (y restringe) su uso para casos especiales. De igual forma, existe preocupación por la contaminación del Río Colorado, tanto por sales aportadas por aguas de purga de explotaciones petrolíferas, acompañadas por fugas de petróleo. El 20 % de los suelos del valle inferior se han salinizado según Di Pace *et al.* (1991). Pero, si bien las posibles futuras fugas de sales eventualmente producidas por PRC serían mínimas en comparación con las emitidas por Y.P.F. a principios de la década de los 90 (unas 600 ton NaCl/día, a partir de 10.000 m³ de efluentes de salmuera según información provista por COIRCO, noviembre 1993). Por tal razón se hace menester considerar la experiencia recogida en otros países donde existen emprendimientos similares a los de PRC (Prugger, 1992; Ho & Barbour, 1987; Kruger & Rennie, 1983) y tener en cuenta la conveniencia de devolver los residuos salinos (depósitos de colas) mediante reinyección de los mismos a las cavernas subterráneas de donde se extrajeron.

RECOMENDACIONES

Desde el momento que no existen estudios de casos parecidos en la región, consideramos que el episodio del derrame de salmuera puede y debe aprovecharse como experiencia. Aparte del mejoramiento de la tecnología propia a la construcción de piletas solares, sería conveniente considerar:

A igual de área total, dar preferencia a la construcción de un mayor número de piletas de dimensiones más reducidas. En casos de roturas, los derrames serían menores, de efectos más localizados y posibles de controlar. De igual forma, diseñar un manejo de la salmuera como para facilitar el trasvasado a piletas semivacías, en casos de escape.

Ya que no se han registrado endemismos valiosos (especies en peligro o amenazadas de extinción) en las áreas circundantes a las piletas solares, la vegetación tiene bajo valor conservativo (Rapoport *et al.*, 1986) y podría considerarse como *área de absorción de catástrofes*. En varios aspectos, los efectos ambientales negativos serían mayores si los derrames llegaran al Río Colorado ya que aguas abajo, existen poblaciones y cultivos que requieren de agua potable y para regadío. Asimismo, la probabilidad de existencia de especies de alto valor conservativo, en este caso, es mayor en la biota acuática que en la terrestre. Basta comparar la longitud y ancho del río con la longitud y ancho de los cañadones y cárcavas de PRC. En tal sentido, habría que considerar la conveniencia de manejar cualquier posible derrame para ser absorbido en el terreno circundante a las piletas, no encauzando la salmuera por un cañadón sino dispersándola entre varios. Incluso destinar un área plana a ser inundada previo a su encauce.

Otra forma de impacto ambiental que habrá que considerar es la construcción de vías de acceso y caminos. Se recomienda reducir al mínimo indispensable el libre tránsito de automotores fuera de los caminos ya establecidos, cosa que ya

viene practicando PRC, especialmente por vehículos pesados o provistos de orugas. Ya existe experiencia en zonas áridas de los EE.UU. donde las huellas de automóviles y motocicletas siguen perdurando desde hace más de 50 años. Incluso se han detectado marcas de los carros de pioneros que transitaron sólo una vez, durante la Conquista del Oeste (López & Aurness, 1987). Hechos similares se han observado en el Desierto de Namibia (Bartlett, 1992). El poder de recuperación de la vegetación en el sur de Mendoza es muy lento, como lo indica la pobre recolonización de áreas excavadas, caminos y líneas sísmicas. En tal sentido, es recomendable instruir al personal de la planta minera que use las vías existentes y no cortar camino sobre la vegetación, aún caminando. Ante la necesidad de iniciar nuevas obras, optimizar el trazado de nuevas rutas de acceso. Con ello también se lograría minimizar la dispersión de polvo que, en algunos casos, también afecta a la vegetación (Calvelo, 1987) e, incluso, puede reducir la capacidad de resistencia a la sal (Flückiger *et al.*, 1982). Las “rastras” por donde los indígenas arreaban el ganado, producto de los malones en el siglo XIX, son aún visibles en la Provincia de La Pampa.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial reconocimiento a Cecilia Ezcurra, por su colaboración en la determinación taxonómica de plantas. A Potasio Río Colorado S.A. por la seriedad y responsabilidad con que han encarado los problemas ambientales que podrían suscitarse por la actividad minera del emprendimiento. En todo momento,

y sin reticencias, nos han brindado toda la información que hemos solicitado, apoyo logístico y libertad de acción. Agradecemos también a un revisor anónimo del cuerpo editorial de *Multequina*, que ha sugerido correcciones valiosas al manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- BARTLETT, D. J., 1992. Africa's Skeleton Coast. *Natl. Geogr.* 181 (1): 54-58.
- BLAIR, W.F., A.C. HULSE & M.A. MARES, 1976. Origins and affinities of vertebrates of the North American Sonoran Desert and the Monte Desert of northwestern Argentina. *Journal of Biogeography*, 3: 1-18.
- CABRERA, A.L., 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 14: 1-42.
- CABRERA, A.L. y A. WILLINK, 1973. Biogeografía de América Latina. OEA. Monografía No. 13, Washington, 117 pp.
- CALVELO, S., 1987. Gradientes ambientales y distribución de líquenes corticícolas sobre *Nothofagus* en el noroeste patagónico. Tesis de Licenciatura. Univ. Nac. del Comahue, CRUB, 162 pp.
- DI PACE, M., H.A. ECHECHURI, N. PRUDKING y L.A. GIUDICE, 1991. Crisis Ambiental y Desarrollo Económico, Centro Latinoam. Est. Ambient. & Fund. Friedrich Ebert, Bs. As.: 9-38.
- FLÜCKIGER, W., S. BRAUN & H. FLÜCKIGER-KELLER, 1982. Effect of the interaction between road salt and road dust upon water relations of young trees. En: R. Bornkam Op. Cit.: 331-332

- GERSANI, M., E.A. GRAHAM & P.S. NOBEL, 1992. Response of individual roots of *Opuntia ficus-indica* to NaCl stress. *Bull. Ecol. Soc. Amer.* 73 (2): 185.
- HO, A & S.L. BARBOUR, 1987. Impact of potash tailings piles on groundwater. College of Engineering, Univ. Saskatchewan 114 pp + figs. + tablas.
- KRUGER, G.A. & D.A. RENNIE, 1983. The fate and impact of potash dust on the soil environment with particular reference to Saskatchewan conditions. Univ. Saskatchewan. Dept. Soil Sci. Sask. Inst. of Pedology, Pub. No. 1466, 111 pp.
- LÓPEZ, B. & C. AURNESS, 1987. California desert. A wordly wilderness. *Natl. Geogr.* 17 (2): 42-77.
- MARES, M.A., J. MORELLO & G. GOLDSTEIN, 1985. The Monte desert and other subtropical semi-arid biomes of Argentina, with comments on their relation to North American arid areas. En *Hot Deserts and Arid Shrublands* (M. Evenari *et al.*, editores). Elsevier Publishers.
- MORELLO, J., 1958. La Provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* II, 155 pp.
- ORIAN, G.H. y O.T. SOLBRIG (editores), 1977. Convergent evolution in warm deserts. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pa., 333 pp.
- POTASIORÍO COLORADO, 1993. Manifestación General de Impacto Ambiental. Potasio Río Colorado S.A.
- PRUGGER, F.F., 1992. Tailings disposal in potash mines. En: Singhal *et al.* (eds.) *Environmental Issues and Waste Management in Energy and Minerals Production*, Balkema, Rotterdam: 545-554.
- RAPOPORT, E.H., G. BORIOLI, J.A. MONJEAU, J.A. PUNTIERI & R.D. OVIEDO, 1986. The design of nature reserves. A simulation trial for assessing specific conservation value. *Biological Conservation*, 37: 269-290.
- RAPOPORT, E.H., E. RAFFAELE, L. GHERMANDI & L. MARGUTTI, 1995. Edible weeds: a scarcely used resource. *Bull. Ecol. Soc. Am.* 76 (3): 163-166.
- REDMANN, R.E., 1983. Potash dust and vegetation. Pathways and impacts. Univ. Saskatchewan, Dept. Crop Sci. and Plant Ecology. Report submitted to Potash Corp. of Saskatch. Mining Ltd. 132 pp.
- SALA, O.E., R.A. GOLLUSCIO., W.K. LAUENROTH, & A. SORIANO, 1989. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe. *Oecologia* 81: 501-505.
- SIKES, R.S., J.A. MONJEAU, E.C. BIRNEY, C.J. PHILLIPS & J.R. HILLYARD, 1997. Morphological versus chromosomal and molecular divergence in two species of *Eligmodontia*. *Z. Säugetierkunde* 62: 265-280.
- SORIANO, A. & O.E. SALA, 1983. Ecological strategies in a Patagonian arid steppe. *Vegetatio* 56: 9-15.
- SPIRIG, A. & M. ZOLG, 1982. Water regime and metabolism of several roadside tree species as influenced by the use of de-icing salt in winter. En: R. Bonrnkamm, J.A. Lee & M.R.D. Seaward (eds.) *Urban Ecology*. Blackwell, London: 331.

Recibido: 06/2001
 Aceptado: 10/2001

Tabla 1. Lista de las especies vegetales registradas en el establecimiento minero Potasio Río Colorado
 Table 1. Species recorded in the Mine «Potasio Río Colorado»

AMARYLLIDACEAE	<i>Xanthium cavanillesii</i> Schow (“abrojo grande”). Exótica sudamericana
* <i>Habranthus jamesonii</i> (Bak.) Ravenna (“cebolla de zorra”)	<i>Xanthium spinosum</i> L. (“cepa caballo”, “choqui”). Exótica sudamericana
ANACARDIACEAE	CRUCIFERAE
* <i>Schinus fasciculata</i> (Gris.) Johnston (“molle”, “huingán”)	<i>Lepidium myrianthum</i> Philippi
ASCLEPIADACEAE	CHENOPODIACEAE
* <i>Tweedia brunonis</i> Hook et Arn.	<i>Atriplex lampa</i> Gillies ex Moquin (“zampa”)
** <i>Melinia candolleana</i> (Hooker et Arnott) Decaisne	<i>Suaeda divaricata</i> Moquin (“jume”, “vidriera”)
BIGNONIACEAE	<i>Chenopodium album</i> L. (“quiringüilla”, “quelite”, “cenizo”, “quinoa blanca”). Exótica
* <i>Argylia robusta</i> Sandwith	<i>Salsola kali</i> L. (“cardo ruso”, “capitana”). Exótica
BORAGINACEAE	ELAEAGNACEAE
<i>Cryptantha diffusa</i> (Philippi) Johnston	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L. (“olivo de Bohemia”). Exótica, escapada, sur de Europa a Himalaya
<i>Heliotropium chrysanthum</i> (Philippi)	EUPHORBIAEAE
<i>Pectocarya linearis</i> (R. et P.) DC	** <i>Euphorbia</i> aff. <i>collina</i> (Philippi) (“pichoa”)
CACTACEAE	GERANIACEAE
<i>Echinopsis</i> sp. (“quisco”, “cacto”)	<i>Erodium cicutarium</i> L’Her, (“alfilerillo”). Exótica
<i>Maihuenia</i> sp. (“penca”)	GRAMINEAE
COMPOSITAE	<i>Cortaderia</i> sp. (“cortadera”)
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz et Pavón) Person (“chilca”)	<i>Distichlis</i> sp. (“pelo de chancho”, “pasto salado”)
* <i>Chuquiraga erinaceae</i> Don subsp. <i>hystrix</i> (Don) Ezcurra	<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desfontaines. Exótica
* <i>Chuquiraga rosulata</i> Gaspar (“ardegra”, “chirriadera”)	<i>Schismus barbatus</i> (L.) Thellung. Exótica
** <i>Dolichlasium lagascae</i> Don	<i>Stipa chrysophylla</i> Desvaux (“coirón”)
<i>Eupatorium patens</i> Don ex Hooker et Arnott	** <i>Stipa hypsophila</i> Spegazzini
<i>Gutierrezia gilliesii</i> Grisebach	* <i>Stipa neaei</i> Nees ex Steudel (“coirón pluma”)
* <i>Gutierrezia solbrigii</i> Cabrera	HYDNORACEAE
<i>Gutierrezia baccharoides</i> Schultz Bip.	<i>Prosopanche</i> sp. (“huáchar”)
<i>Hyalis argentea</i> Don (“olivillo”)	HYDROPHYLLACEAE
** <i>Lactuca serriola</i> (“lechuga espinosa”). Exótica eurasiática	* <i>Phacelia nana</i> Weddell
<i>Psila spartioides</i> (Hooker et Arnott) Cabrera (“pichana”, “pichanilla”)	<i>Phacelia setigera</i> Philippi
<i>Proustia cuneifolia</i> Don, forma <i>mendocina</i> (Philippi) Fabris (“altepe”)	LEGUMINOSAE
<i>Senecio goldsackii</i> Philippi	<i>Adesmia</i> sp.
<i>Senecio melanopotamicus</i> var. <i>affinis</i> Cabrera	** <i>Adesmia</i> aff. <i>aucaensis</i> Burkart
<i>Sonchus asper</i> L. (“cerraja brava”). Exótica eurasiática	* <i>Cercidium praecox</i> (Ruiz et Pavón) Harms (“brea”)
<i>Sonchus oleraceus</i> L. (“cerraja”). Exótica	* <i>Hoffmannseggia erecta</i> Philippi
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hooker et Arnott) De Candolle (“pájaro bobo”)	<i>Prosopis alpataco</i> Philippi (“alpataco”)
<i>Tessaria dodoneaefolia</i> (Hooker et Arnott) Cabrera (“chilca dulce”)	* <i>Prosopidastrum globosum</i> (Hooker et Arnott) Burkart (“candelero”, “caballo del diablo”)
** <i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC) Small (“perlilla”)	<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin et Barneby (“pichanilla”, “monte de perdiz”)
	MALPIGHIACEAE
	<i>Gallardoia fischeri</i> Hooker et Arnott

MALVACEAE

Sphaeralcea mendocina Philippi

NYCTAGINACEAE

* *Tricycla spinosa* (Cavanilles) Heimerl (“mon-te negro”)

POLEMONIACEAE

Gilia laciniata Ruiz et Pavón

SCROPHULARIACEAE

Monttea aphylla (Miers) Bentham et Hooker (“ala de loro”)

SOLANACEAE

* *Fabiana denudata* Miers (“pichanilla”, “rama amarilla”)

Lycium aff. *chilense* (“llaullín”)

Solanum aff. *eleagnifolium* Cav. Exótica de N. América

Solanum aff. *pyrethrifolium* Grisebach. Exótica sudamericana

TAMARICACEAE

Tamarix gallica L. (“tamarisco”). Exótica del Mediterráneo

UMBELLIFERAE

Apium sellowianum Wolff (“apio cimarrón”)

VERBENACEAE

* *Acantholippia seriphoides* (Philippi) Moldenke (“tomillo”)

Gandularia crithmifolia (Gillies et Hooker) Schnack et Covas (té de burro”)

Glandularia sp. 2

Junellia sp.

* *Junellia asparagoides* (Gillies et Hooker) Mold. (“barba de viejo”)

** *Verbena* sp.2

ZYGOPHYLLACEAE

Larrea cuneifolia Cavanilles (“jarilla”)

* *Larrea divaricata* Cavanilles (“jarilla”)

Larrea nitida Cavanilles (“jarilla fina”)

* Especies también registradas en Cerro La Teta

** Especie sólo registrada en Cerro La Teta

Tabla 2. Relevamiento de una parcela circular de 7 m de radio (154 m² total). Junio 1991. Área no disturbada sobre meseta (1000 m s.m.)

Table 2. Density assessment of a 7 m radius circular plot (154 m²). June 1991. Undisturbed meseta area (1000 m altitude)

Especie	No. de individuos	Densidad por m ²
<i>Stipa chrysophylla</i>	69	0,488
<i>Larrea cuneifolia</i>	44	0,286
<i>Gutierrezia solbrigii</i>	24	0,156
<i>Hoffmannseggia erecta</i>	21	0,136
<i>Acantholippia seriphoides</i>	16	0,104
<i>Bougainvillea spinosa</i>	11	0,071
<i>Senna aphylla</i>	5	0,032
<i>Gallardoia fischeri</i>	4	0,026
<i>Lycium chilense</i>	3	0,019
<i>Stipa neaei</i>	3	0,019
<i>Junellia asparagoides</i>	2	0,013
<i>Gutierrezia gilliesii</i>	1	0,007
<i>Lycium</i> sp. 2	1	0,007

Densidad media total: 1.32 individuos por m²

Tabla 3. Medidas de densidad en 30 parcelas de 154 m² cada una, en área no disturbada sobre meseta (1000 m s.m.). Mayo 1992
 Table 3. Density measurements in 30 plots (154 m² each) in an undisturbed meseta (1000 m altitude). May 1992

Especie	No. total de individuos densidad/m ²			
	vivos	muertos	vivos	muertos
<i>Acantholippia seriphioides</i>	63	16	0.107	0.027
<i>Tricycla spinosa</i>	5	(1)	0.009	0.002
<i>Echinopsis sp.</i>	4	-	0.007	-
<i>Gallardoia fischeri</i>	4	-	0.007	-
<i>Glandularia crithmifolia</i>	9	-	0.015	-
<i>Gutierrezia solbrigii</i>	>63	-	0.107	-
<i>Hoffmanseggia erecta</i>	>91	-	0.155	-
<i>Larrea cuneifolia</i>	99	(7)	0.168	0.012
<i>Lepidium myrianthum</i>	-	(>24)	-	>0.041
<i>Monttea aphylla</i>	3	-	0.005	-
<i>Schismus barbatus</i>	18	(19)	0.031	0.032
<i>Stipa spp.</i>	79	(29)	0.134	0.049
<i>Sphaeralcea mendocina</i>	11	-	0.019	-
<i>Senecio melanopotamicus</i>	>11	-	>0.019	-
<i>Junellia asparagoides</i>	8	-	0.014	-

Densidad media total: 0,797 individuos por m²

Tabla 4. Número de individuos registrados en una línea sísmica (denudada) después de más de 10 años. Área censada: 30 x 3 m
 Table 4. Number of individuals registered on a geologic seismic line 10 years after complete denudation. December 1992

Especie	No. de individuos	Densidad por m ²
<i>Hoffmannseggia erecta</i>	35	0,402
<i>Schismus barbatus</i>	22	0,241
<i>Gutierrezia solbrigii</i>	21	0,126
<i>Phacelia setigera</i>	11	0,244
<i>Acantholippia seriphioides</i>	1	0,012
<i>Larrea cuneifolia</i>	1	0,012

	Transecta 1N	Transecta 3A	Transecta 3B	Transecta 4	Transecta 5					
	Frec.	Inter.	Frec.	Inter.	Frec.					
P	5	1.11	1	0.06	1	0.29	4	0.93	-	-
P	-	-	1	0.02	-	-	-	-	-	-
P	2	1.58	1	0.17	1	0.76	1	1.27	1	0.03
P	7	1.81	-	-	1	0.28	-	-	-	-
A	2	0.02	-	-	-	-	1	0.01	-	-
A	9	0.09	>232	2.32	21	0.21	-	-	-	-
P	1	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-
P	6	1.28	5	1.34	2	0.11	7	0.60	5	1.81
P	7	0.07	-	-	1	0.01	2	0.02	15	0.34
P	20	12.84	10	5.27	16	9.09	18	7.95	7	4.43
A	22	0.02	-	-	33	0.33	1	0.01	34	0.34
P	-	-	1	0.32	2	0.28	7	0.28	-	-
P	-	-	2	1.18	-	-	1	0.45	-	-
A	56	0.56	13	0.13	117	1.17	54	0.54	31	0.31
A	2	0.02	-	-	-	-	1	0.01	2	0.02
P	97	0.97	2	0.02	7	0.07	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	2	1.15	1	0.95
A	-	-	51	0.51	372	3.72	-	-	-	-
P	5	0.27	4	0.61	6	0.73	4	0.46	4	0.26
P	6	1.92	1	0.34	4	1.41	1	0.01	-	-
Total perennes	59	22.37	26	9.31	34	12.96	47	13.12	33	7.82
Total indiv.anuales/bienales	188	0.71	298	2.98	550	5.50	57	0.57	66	0.66
No. spp. perennes	9	-	9	-	9	-	10	-	6	-
No. spp. anuales/bienales	6	-	4	-	5	-	4	-	3	-

Tabla 5. Resumen de los valores obtenidos en transectas fijas (15 Noviembre 1993). Frec = Frecuencia o N° de individuos. P = perennes, A = anuales o bienales. A las especies anuales pequeñas se les asignó valor de 1 cm de intercepción*

Table 5. *Synthesis of the figures obtained along fixed transects (November 15, 1993). Frec = Frequency or number of individuals. P = perennials, A = annuals or biennials. Small annual species were assigned the value of 1 cm interception each*