

DEGRADACIÓN DE SUELO Y VEGETACIÓN POR EXPLOTACIÓN HIDROCARBURÍFERA EN LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE (SANTA CRUZ) Y POSIBILIDADES DE REHABILITACIÓN.

H. Castro Dassen¹, P. Rial¹, G. Oliva¹, L. González¹, P. Paredes¹, G. Humano¹, J. Fenoglio², M. E. Fernandez Clark³, E. Rivera¹, G. Pachado², E. Dardis² y E. Quargnolo¹

¹ EEA Santa Cruz. Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz

² Dirección Provincial de Energía. Provincia de Santa Cruz

³ Subsecretaría de Medio Ambiente. Provincia de Santa Cruz

SINOPSIS

Se evaluó el impacto paisajístico de la industria petrolera en dos áreas del norte de Santa Cruz: El Cordon (20.796 ha) y Los Perales (18.231 ha). Se digitalizaron sobre imágenes Landsat TM de 1986 y 2003, locaciones, caminos y canteras. Se analizaron 21 sitios disturbados y 12 rehabilitados en relación a testigos adyacentes. El área afectada por locaciones y caminos es 10,42% en El Cordon y 2,33% en Los Perales. Entre 1986 y 2003 se afectaron anualmente 51 y 20 ha respectivamente. El suelo de los sitios disturbados presentaba menos nitrógeno, mayores pH y mayor proporción de sitios salinos; ganaron arcillas y gravas, y perdieron arena muy fina y fina. La compactación fue mayor en los disturbados. La cobertura vegetal fue similar, la riqueza específica disminuyó en los disturbados. Disminuyeron perennes nativas y aumentaron malezas. La escarificación descompactó el suelo sin generar erosión y la plantación de arbustos tuvo moderado éxito. La infraestructura abandonada sólo constituye un impacto visual persistente. La revegetación con especies introducidas no sería necesaria para la regeneración de la cobertura y tendería a hacer permanente la modificación en el paisaje. Se sugiere escarificar áreas afectadas, moderar la pendiente en taludes e introducir especies nativas.

INTRODUCCIÓN

La Patagonia sufre un acelerado proceso de desertificación, cuya causa principal se atribuye al manejo ganadero tradicional que por sobrepastoreo ha ocasionado pérdida de biodiversidad, reducción de la productividad y erosión. Paralelamente a la ganadería, y a partir del '40 se desarrolló la industria hidrocarburífera centrada en dos cuencas (Golfo San Jorge y Austral). Esta actividad aporta significativamente al PBI de Santa Cruz, pero afecta el suelo y la vegetación por la apertura de caminos, líneas sísmicas, locaciones, etc. utilizados en las distintas etapas del proceso productivo. Esta infraestructura requiere una modificación del suelo y la vegetación por decapitación y el relleno necesario para nivelar y asegurar la transitabilidad de los caminos internos y origina áreas de préstamo en forma de canteras. Las superficies desnudas resultantes carecen en general de las características básicas del suelo en cuanto a textura, estructura y nutrientes y el tráfico de maquinarias produce sustratos compactados, que difícilmente se revegetan y constituyen áreas de erosión potencial. A lo largo de la historia de la explotación se han sumado intervenciones que generaron una red de caminos redundantes y locaciones abandonadas que en general no se han recuperado o integrado al paisaje, aunque existen algunos intentos de abandono programado con tareas de escarificación y revegetación.

La evolución de la normativa ambiental de los últimos años y el interés de las Compañías en adoptar técnicas menos agresivas con el entorno natural llevaron a plantear un proyecto interinstitucional entre el INTA, la Secretaría de Energía y la Subsecretaría de Medio Ambiente de Santa Cruz que permita evaluar la situación en una primera etapa, de modo de consensuar con las empresas concesionarias mecanismos para reducir el impacto y rehabilitar paulatinamente el paisaje buscando metodologías de acción para mitigar el impacto de la actividad hidrocarburífera e implementar medidas de rehabilitación del pasivo ambiental actual, de modo de obtener la mayor recuperación posible de vegetación y suelos al final de los contratos de concesión.

DESARROLLO

Descripción general del ambiente: El área conocida como Meseta Central (Oliva et al., 2001) es una extensa y diversa región en el centro-norte de Santa Cruz, que en general se presenta como una estepa de subarbustos rastreros, de muy baja cobertura vegetal (20 ó 30%), con arbustos de porte mayor siguiendo las líneas de escorrentía y grandes áreas cubiertas de pavimento de erosión en un relieve plano, de planicies aluviales de rodados patagónicos y mesetas sedimentarias. En particular, el área norte de Santa Cruz está dominada por niveles aterrazados del río Deseado (Rial, 2001), con una altura entre 100 y 400 m s.n.m.

Clima: El clima predominante es el Frío árido de meseta, con promedios térmicos de 8 a 10° C de sudoeste a noreste. Las precipitaciones en general están por debajo de los 150 mm, aunque una delgada franja costera recibe lluvias algo superiores a los 200 mm anuales. La distribución muestra una concentración invernal.

Suelos: Son en general Aridisoles de textura franco-arenosa a franco-arcillosa, con bajos contenidos de materia orgánica. Muchos de ellos están profundamente degradados por el sobrepastoreo y algunos presentan problemas de salinidad. En estos casos los horizontes arcillosos subsuperficiales quedan expuestos y se cubren de pequeños guijarros por efectos del congelamiento y descongelamiento. Estas superficies constituyen los “pavimentos de erosión”.

Vegetación: La colapiche (*Nassauvia glomerulosa*), un pequeño subarbusto, es dominante y característico en las estepas subarbutivas que cubren la mayor parte del área. En la etapa final de la degradación son llamadas “eriales” (Movia et al., 1987).

Los coirones amargos (*Stipa speciosa*) y el coirón pluma (*Stipa neaei*) son todavía importantes en áreas poco degradadas. En zonas de acumulación de arenas se intercalan otros coirones amargos, indicadores de degradación (*Stipa humilis* y *Stipa chrysophylla*) y el coirón enano (*Stipa ibari*). El coirón blanco (*Festuca pallescens*) subsiste en mesetas sedimentarias y en zonas de mallines.

El coirón poa (*Poa dusenii*) y *Carex argentina* son especies forrajeras importantes. Es también común ver arbustales bajos de mata negra (*Junellia tridens*) en las mesetas sedimentarias y siguiendo las redes de drenaje subterráneo de la estepa. Existen también arbustales de malaspina (*Retanilla patagonica*), mata amarilla (*Anarthrophyllum rigidum*), molle (*Schinus polygamus*) y calafate (*Berberis heterophylla*). Entre los subarbustos, la manca perro (*Nassauvia ulicina*), la uña de gato (*Chuquiraga aurea*) y el solupe (*Ephedra frustillata*) son comunes en zonas degradadas con suelos arcillosos y abundantes pavimentos de erosión.

Situación ambiental: Los procesos de desertificación en el ambiente se puede consultar en Bertiller (Bertiller, 1993, Nakamatsu et al. 1993). Oliva y col. (1995) cartografiaron la severidad del proceso en 2,5 millones de ha en la zona comprendida entre San Julián y Gobernador Gregores y Del Valle y col (1998) lo extendieron a toda la Patagonia. Según estos estudios, alrededor de un tercio del área en cuestión muestra problemas de desertificación grave o muy grave. En el área de explotación petrolera en general no existe una elevada presión ganadera actual, pero los signos del proceso de desertificación se observan por la presencia de extensos pavimentos de erosión y arbustos en montículo. Las gramíneas medianas originales del área han desaparecido en gran medida, y en sitios de acumulación de arena se concentran los coirones amargos (*Stipa humilis* y *Stipa chrysophylla*). La actividad hidrocarburífera generó impactos por contaminación de suelos debido a derrames de hidrocarburos y de aguas de formación (Ciano et al., 2000; Luque et al., 2000a, b), que no se analizan en este trabajo. Sin embargo, existe un impacto que ha sido poco evaluado y se relaciona con las tareas de decapitación, relleno y compactación asociadas a la apertura de caminos, locaciones y picadas sísmicas (prospecciones geofísicas en la etapa de exploración).

Caminos: La técnica tradicional de apertura de estos caminos, consiste en remover los primeros 20 ó 30 cm. de suelo con equipos viales a fin de nivelar el terreno, eliminando completamente la cubierta vegetal, parte de la biomasa radicular y las semillas presentes. La remoción del material grueso (pavimento de erosión) deja expuesto el material de grano más fino que se va perdiendo por acción del viento (erosión eólica o deflación). Este material removido se acumula luego en los sitios de intercepción (montículos asociados a arbustos). El tránsito de vehículos y maquinaria pesada

provoca una fuerte compactación del suelo, modifica la estructura natural y encauza el agua de escorrentía, generando agrietamientos, surcos y cárcavas en terrenos con pendiente.

Locaciones: Son las áreas específicas de explotación, que consisten en superficies niveladas y decapitadas que se utilizan para la instalación de las plataformas de exploración y de bombeo. Pueden presentar equipos de bombeo de tipo cigüeña, de almacenamiento (baterías) o estar abandonadas con las bocas de pozo clausuradas. En general presentan una gran compactación y muchas han sufrido contaminación por derrames de todo tipo (que no fueron motivo de análisis de este trabajo).

Canteras: Otro de los impactos ambientales característicos de la actividad es la apertura de canteras para la extracción de áridos, que son requeridos en grandes volúmenes para la construcción y mantenimiento de locaciones, caminos e instalaciones. En esta actividad el impacto es menor en extensión comparado con la apertura de caminos porque es una afectación puntual, pero la modificación del paisaje, el suelo y la vegetación es significativa, dado que se extrae una gran cantidad de material hasta dejar un relieve quebrado (taludes verticales que pueden tener varios metros) con suelos poco desarrollados (paleosuelos) expuestos en el fondo, sin rastros de vegetación. Un aspecto adicional que cabe destacar, es que muy frecuentemente estos sitios son utilizados tras el abandono como basurales, depositando todo tipo de residuos en su interior.

Áreas de rehabilitación observadas: Para recuperar los suelos modificados se han usado técnicas de laboreo con el objetivo de aumentar la superficie de suelo expuesta a los agentes atmosféricos, facilitar el intercambio gaseoso, aumentar la eficiencia de utilización del agua de las plantas por una mayor infiltración, reducir el escurrimiento superficial y aumentar la capacidad de penetración de las raíces en el suelo.

Una de las prácticas de laboreo que ha sido aplicada por las empresas que operan en el Golfo San Jorge, es el escarificado o subsolado lineal. Se realiza con una herramienta cortante (subsolador) que provoca la disgregación del suelo y el mezclado de los materiales, pero sin invertir el orden de las capas u horizontes de suelo.

Estos cortes perpendiculares a la pendiente del terreno y a los vientos predominantes, de unos 20 - 30 cm de profundidad, se practican en condiciones de suelo seco para un mejor agrietamiento y mullido del sustrato. El microrrelieve generado por los surcos atrapa partículas de suelo y semillas, creando de este modo un mayor número de “micrositios” favorables para la germinación y desarrollo de las especies circundantes al área (banco de semillas).

Se han realizado algunas pruebas exitosas de revegetación por convenios INTA-YPF (Ciano et al., 2000.), utilizando arbustos de *Atriplex lampa*, *Grindelia chiloensis*, *Colliguaja integerrima* y *Atriplex sagittifolia* (arbustivas nativas); *Tamarix gallica* y *Eleagnus angustifolia* (arbóreas introducidas naturalizadas); *Atriplex semibaccata* (arbustivas introducidas naturalizadas); *Atriplex nummularia* (arbustiva introducida no naturalizada); *Melaleuca spp.* y *Eucaliptus camandulensis* (arbóreas introducidas). La implantación de estos materiales ha sido aceptable. Los arbustos han sido producidos en invernáculos y plantados a mano, en general en surcos en áreas de derrames recuperadas. Se considera que las técnicas usadas tienen potencial para recuperar estas áreas, y que se debe ampliar el espectro de especies nativas involucradas en el proceso (Ciano et al., 2001). También se han realizado experiencias de siembra de gramíneas en áreas afectadas por derrames, que han tenido éxito (Utrilla et al., 1999). La revegetación natural se siguió durante algunos años luego de trabajos de bioestimulación (fertilización y laboreo) y fue lenta (Oliva et al., 1999).

Trabajos de laboratorio y de campo: El área de estudio se encuentra cubierta por la imagen Landsat TM 229-92. Las escenas utilizadas corresponden al 10 de febrero de 1986 y al 23 de abril de 2003. Las imágenes fueron georreferenciadas utilizando puntos de control originados en lecturas de GPS en el campo o extraídos de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar, escala 1:100 000, que a continuación se detallan: 4769-3 Estancia La Ítala, 4769-4 Estancia Las Catalinas, 4769-5 Estancia La Nueva Oriental, 4769-6 Punta Maqueda, 4769-9 Cerro Setenta, 4769-10 Las Heras, 4769-11 Estancia Mantecón, 4769-12 Caleta Olivia, 4769-16 Cerro Ochenta y Uno, 4769-17 Estación Koluel Kaike, 4769-18 Pico Truncado, 4766-13 Estación Tehuelches, 4769-22 Cerro Cocodrilo, 4769-23 Zanjón del Pescado, 4769-24 Aguada del Bozal.

Se utilizaron en total 47 puntos, que presentan un error cuadrático medio (RMS) menor a 1 píxel (0,970). Se obtuvo una imagen georreferenciada (Proyección: Transverse Mercator, Meridiano central: 69° 00' 00" de longitud oeste, Tamaño de píxel: 25 x 25 metros, Falso Este: 2500000, Factor de escala al meridiano central: 1, Falso Norte: 10002288.299, Latitud al origen de proyección: 00° 00' 00"). Se eligió la proyección Transverse Mercator porque sus parámetros permiten medir sobre la imagen longitudes en metros y superficies en metros cuadrados. Del total de la escena 229-92 se recortó un Sector de Trabajo limitado al norte por el paralelo 46° de latitud sur (límite con la provincia de Chubut) y al sur por el límite inferior de la imagen. Dentro del Sector se eligieron 2 Áreas Piloto para el trabajo con imágenes. (*Figura 1*)

El Área Yacimiento El Cordón, Pico Truncado está ubicada entre los paralelos de 46° 36' 51" y 46° 42' 08" de latitud sur, y los meridianos 68° 05' 50" y 67° 49' 27" de longitud oeste; tiene una superficie de 20.796 ha. Para su elección se priorizó un sector donde se vincularan por lo menos dos empresas de las que operan en el lugar (Repsol YPF y Vintage Oil). Esta área fue cubierta con muestreos de campo. (*Figuras 2 y 3*)

El Área Yacimiento Los Perales, Las Heras se localiza entre los paralelos 45° 59' 21" y 46° 7' 15" de latitud sur, y los meridianos 69° 12' 53" y 69° 3' 15" de longitud oeste; tiene una superficie de 18.231 ha y se eligió por ser un lugar de explotación reciente (Repsol YPF). (*Figuras 4 y 5*)

Utilizando como base el Mapa de Suelos de la provincia de Santa Cruz (Salazar Lea Plaza y Godagnone, 1990), se delimitaron las unidades fisiográficas comprendidas en el recorte del Sector de Trabajo de la imagen Landsat TM 229-92. Con la información del Mapa de Suelos se asignaron las unidades identificadas a un tipo de suelo y perfil. La delimitación se realizó por interpretación visual sobre la imagen, en formato vectorial. La base de datos contiene como información: tipo de suelo, nomenclatura, unidad de paisaje y superficie. En el Área Yacimiento El Cordón, Pico Truncado los suelos son Natrargides típicos. El Área Yacimiento Los Perales, Las Heras presenta Torripsamientos taptoárgicos, Calciortides típicos, Haploxeroles arídicos y Paleortides xerólicos.

Para ubicar las locaciones sobre la imagen satelital correspondiente al Área Yacimiento El Cordón, Pico Truncado Vintage y Repsol entregaron los archivos Excel con las ubicaciones respectivas. Fueron transformados a archivos de puntos vectoriales y las coordenadas en proyección Transverse Mercator transferidas a valores de latitud – longitud. Al superponerlos a la imagen coincidieron con el área disturbada de cada locación. En el Área Yacimiento Los Perales, Las Heras, operada por la empresa Repsol YPF, se digitalizaron desde pantalla las locaciones.

Utilizando los archivos vectoriales de locaciones (puntos), mediante el programa Arcview 3.0, se utilizó un script (buffer.avx) que permitió generar y medir áreas afectadas por locaciones, se consideró una superficie de influencia de 1 ha para cada una.

Se reconocieron los caminos sobre las imágenes y se diferenciaron en primarios y secundarios según el ancho de los mismos. Una vez finalizada la digitalización, se calcularon las longitudes de caminos primarios y secundarios de ambas áreas. Utilizando los archivos vectoriales de caminos (líneas), mediante el programa Arcview 3.0, se utilizó un script (buffer.avx) que permitió generar y medir las áreas afectadas que dependen del tipo de camino, 20 metros de influencia para primarios y 10 metros para secundarios.

El trabajo de campo se realizó sobre el Área Yacimiento El Cordón, Pico Truncado. Para determinar los sitios de observación se trazó una cuadrícula sobre la imagen que delimitó 520 celdas de aproximadamente 38 ha. Se estratificó el área en cuatro Unidades de paisaje y se escogieron 23 celdas respetando las superficies relativas de las Unidades (dos niveles de terrazas, cañadones y mallines). En estas celdas se muestrearon 8 caminos, 5 canteras y 10 locaciones en octubre de 2003. En cada sitio se analizó un área disturbada y un testigo adyacente. Se realizó una evaluación de vegetación por medio de 25 marcos de 0.20 m² en los que se estimó cobertura vegetal total y se enumeraron las especies presentes. Se tomaron muestras compuestas de suelos superficiales (0-10 cm) y se analizaron química y físicamente en el Laboratorio de Suelos del Consejo Agrario Provincial. Se evaluó el estado de desertificación en el área no disturbada siguiendo la metodología de FAO modificada para el mapa de desertificación de la Patagonia

(Eiden, 1995). Se realizaron lecturas de compactación utilizando un penetrómetro de anillos en 6 sitios, cada una de ellas con 15 observaciones en disturbado y testigo.

Para analizar estadísticamente los datos se puso a prueba la hipótesis de que los sitios disturbados fueran distintos de los testigos en variables de suelo por medio de un ANOVA de dos factores: Disturbio x Sitio. En aquellos casos en que el factor Disturbio del ANOVA general dio significativo ($P < 0.05$) se realizó un análisis de ANOVA de un factor con contrastes de Duncan para evaluar la significación de los distintos tipos de disturbios (caminos, locaciones, canteras). Los datos de cobertura y diversidad de la vegetación se trataron en forma similar. Los datos de frecuencia de registro de especie y de grupos de especies (formas de vida, especies consideradas malezas, perennes o introducidas, etc.) se evaluaron por medio de tablas de contingencia de 2x2 y mediante pruebas de Chi-cuadrado se determinó si la presencia de cada una de las especies o grupos difería significativamente de lo observado en los testigos.

Resultados: Con la digitalización de locaciones y caminos primarios y secundarios sobre las imágenes de 1986 y 2003 y teniendo en cuenta las superficies de influencia se estimó la superficie afectada (ha y %) en cada área y en cada fecha. Eso permitió conocer los incrementos de superficie y los índices descriptivos de intensidad de uso. (Tablas 1, 2 y 3)

En el área sin disturbar los contenidos de N, P y K fueron bajos, los pH cercanos a neutros y solamente un 20% mostró problemas de salinidad. Los sitios disturbados presentaban menos nitrógeno total, pH mayores y un 60% de ellos tenían conductividades > 2 dSm/m, valores considerados salinos, y entre ellos se registró un enriquecimiento en carbonatos y sulfatos y un decrecimiento en bicarbonatos. Algunos sitios en particular presentaron suelos con pH muy elevado (8 - 9.5) y conductividades de hasta 15 dS/m con problemas de alta concentración de sodio. La textura de los suelos fue predominantemente Franco arenosa en los sitios testigo, mientras que en los disturbados es Franco arcillo arenosa o Arcillosa franca. Las fracciones del suelo que se perdieron en los sitios disturbados fueron Arena muy fina, fina y total. Se enriquecieron en gravas > 2 mm y se registró un aumento no significativo en el contenido de arcillas. La compactación medida con penetrómetro fue significativamente mayor en los sitios disturbados. (Tabla 4 y Figura 6) El análisis por tipo de disturbio demuestra que no existen diferencias significativas en los suelos resultantes, debido a la gran variabilidad, pero aún los valores promedios de los sitios disturbados serían limitantes desde el punto de vista agronómico. Las conductividades promedio 5 dS/m son serias limitantes para la revegetación. Entre los suelos salinos las canteras muestran concentraciones significativamente mayores de carbonatos y sulfatos, aniones que podrían tener origen geológico, y una menor concentración de bicarbonatos. Las canteras tienen también una mayor concentración de gravas. (Tabla 5)

La cobertura de vegetación fue similar en los sitios disturbados y testigos, aunque la riqueza específica fue significativamente menor en los disturbados. Las formas de vida que disminuyeron significativamente en sitios disturbados fueron coirones, pastos cortos y subarbustos, en general las plantas perennes nativas y aumentaron significativamente las malezas. La frecuencia de anuales mostró un descenso en los sitios disturbados. (Tabla 6)

Las especies de mayor frecuencia en la comunidad testigo disminuyen significativamente en los sitios disturbados. Entre ellas, la importante forrajera *Poa duseii*, base de la dieta de los ovinos. También se nota un descenso en los subarbustos *Nassauvia ulicina* (manca perro), *Nassauvia glomerulosa* (cola de piche) y *Chuquiraga aurea* (uña de gato). Entre las especies que aumentan con el disturbio se destaca la *Stipa chrysophylla* (coirón amargo), que es una exitosa colonizadora de suelos sueltos de acumulación, además, la maleza *Erodium cicutarium* (alfilerillo) y el pasto anual *Hordeum sp.* Entre los arbustos, el único que se logró establecer exitosamente fue el *Senecio filaginoides* (mata mora). (Figura 7)

Algunas especies, malezas introducidas en su mayor parte, se encontraron únicamente en los sitios disturbados. Estas áreas, y en especial los caminos, tienen una alta frecuencia de malezas, probablemente por el aporte de semillas de plantas cosmopolitas asociadas al movimiento de vehículos y personas. Existe, por otro lado, un conjunto de especies que se registraron en los sitios

testigo pero que desaparecieron completamente en los sitios disturbados, la mayor parte de ellas son especies nativas perennes relativamente escasas en el paisaje. (Tablas 7)

El análisis por tipo de disturbio muestra que la cobertura de todos los sitios intervenidos se regenera a niveles cercanos al de los testigos, aunque con una riqueza (número de especies) menor. En los sitios disturbados se nota un descenso en los coirones, excepto en los caminos, que fueron exitosamente recolonizados por *Stipa crhysophylla* (coirón amargo), una especie que se establece bien en suelos de acumulación de arenas. Los caminos mostraron un mayor número de malezas y plantas introducidas. Los subarbustos, plantas de larga vida, disminuyeron en todos los disturbios y en especial en las canteras. (Tabla 8)

CONCLUSIONES

Los cambios químicos observados en el suelo de los sitios disturbados se explican probablemente por el préstamo de material de subsuelo, que es más arcilloso y salino. Hay cambios físicos importantes que responden a la compactación sufrida. Las dos situaciones descritas dificultan el establecimiento de nativas con cierto valor forrajero y paisajístico.

A pesar de que el sustrato de los sitios disturbados es más pobre en nutrientes, los valores absolutos de nitrógeno, fósforo y potasio del testigo natural son también muy bajos. La salinización del suelo resulta un problema habitual en las áreas disturbadas; se han registrado puntualmente valores altos de pH (superiores a 8), que serían limitantes para el establecimiento de la vegetación.

No se registraron signos evidentes de erosión (lenguas, dunas, nebkas) asociados a caminos, canteras o locaciones. Estas superficies altamente compactadas parecen ser demasiado estables. Los cambios texturales observados con respecto al testigo no parecen indicar que estén sujetos a pérdida de material fino por erosión eólica severa, en cuyo caso se esperaría una reducción en los contenidos de las partículas finas fácilmente transportables por el viento, como el limo. La compactación es un problema serio en todas estas superficies, y a eso se suma la ausencia de microtopografía u obstáculos que promuevan la captura de sedimentos y semillas aerotransportadas (evitando la formación de suelos y bancos de semillas). No se observaron muchas diferencias en la compactación de acuerdo al tiempo de abandono, y la reducida actividad biológica en este sustrato no permite especular que en el mediano plazo la situación cambie en forma natural.

La revegetación natural se reduce a un número limitado de especies, en su mayor parte malezas y las plantas perennes nativas, especialmente coirones, pastos cortos y subarbustos que en general no colonizan estos espacios disturbados. Las comunidades resultantes no se integran nuevamente al paisaje y constituyen cicatrices permanentes. Existe un conjunto de especies de la comunidad natural que desaparece completamente en áreas disturbadas (en general las especies de mayor valor forrajero), y otras que se encuentran exclusivamente en los sitios disturbados. Estas superficies alteradas y en especial los caminos constituyen corredores que permiten la entrada de malezas y plantas exóticas a los pastizales naturales.

La salinización y la compactación (dos de los principales problemas de las áreas disturbadas) se podrían contrarrestar escarificando, surcando y/o corrugando; que estimularía la infiltración, ya que en la mayoría de estas superficies domina la escorrentía superficial.

Los valores altos de salinización no parecen justificar enmiendas durante la rehabilitación, excepto en algunos sitios puntuales (pH mayor que 8 con presencia de sodio). La fertilización en las tareas de rehabilitación se debería manejar con cuidado, para no estimular el ingreso de malezas.

La escarificación de todas las superficies disturbadas parece ser una medida adecuada e indispensable para implementar en el corto plazo. En el caso de pendientes pronunciadas, como las que se observan en los taludes de las canteras, se debería en lo posible reducir los ángulos y recurrir al surcado profundo en curvas de nivel para evitar la erosión hídrica.

Las experiencias de introducción de arbustos fuera de los mallines han tenido un éxito relativo, y no se registran siembras de gramíneas en estos ambientes xéricos. Por el contrario, en los mallines y cañadones las experiencias de revegetación con arbustos y con gramíneas han sido muy exitosas, excepto en el caso de suelos muy salinizados. Una de las prácticas recomendadas y más adecuadas, como medida de restauración más que de rehabilitación, pareciera ser la plantación de arbustos

nativos (*Lycium sp*, *Junellia tridens*, *Senecio filaginoides*, *Atriplex zampa*) y la siembra con gramíneas también nativas, como por ejemplo *Poa duseinii*. Algunas de estas especies nativas requieren un programa inicial de experimentación.

El total de superficie afectada por caminos y locaciones (10,41% del total del Área Yacimiento El Cordon, Pico Truncado; 2,48% del total del Área Yacimiento Los Perales, Las Heras), es importante, considerando que a ello hay que sumarle la superficie ocupada por canteras y bases de operaciones. En la planificación de nuevos caminos sería necesario diseñar una red mínima óptima vial, produciendo de esta manera el menor disturbio posible en el ambiente.

Las conclusiones expuestas en esta etapa de diagnóstico confirman la necesidad de garantizar la continuidad del proyecto en el tiempo, a través de un convenio entre las partes involucradas. Para esto se debe producir a la brevedad, su discusión, formulación, ratificación e implementación a fin de lograr los resultados esperados, tomando un horizonte de tiempo similar al del final de las concesiones actuales.

Trabajar en las soluciones a los problemas planteados en el marco del convenio traerá aparejado, entre otros aspectos, la posibilidad de incentivar el desarrollo de Pymes locales, generando nuevos puestos de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertiller, M. 1993. Estepas arbustivo-herbáceas de *Nassauvia glomerulosa* y *Poa dusenii* en el centro-sur del Chubut. Pajes 5-13 en J. Paruelo, M. Bertiller, T. Schlichter, y F. Coronato, editors. Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos: Su caracterización mediante el modelo de Estados y Transiciones. Ludepa SME, Bariloche.
- Ciano, N., V. Nakamatsu, J. Luque, y M. E. Amari. 2000. Recomposición de la cobertura vegetal en un área disturbada por la realización de una locación en Comodoro Rivadavia, Provincia del Chubut. en Cuartas Jornadas de preservación de agua, aire y suelo en la industria del Petróleo y del Gas., Salta, 3 al 6 de Octubre del 2000. Organizado por el IAPG.
- Ciano, N., V. Nakamatsu, J. Luque, M. E. Amari, M. Owen, y C. Lisoni. 2000. Revegetación de áreas disturbadas por la actividad petrolera en la Patagonia extra andina. en 11^o Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo - ISCO., Ciudad de Buenos Aires, 22 al 27 de Octubre del 2000.
- Ciano, N., J. Salomone, V. Nakamatsu, y J. Luque. 2001. Nuevos escenarios para la remediación de áreas degradadas en la Patagonia. en IV Reunión del Grupo Regional Patagónico de Ecosistemas de Pastoreo (FAO - INTA - INIA). Taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. INTA-INIA-FAO, Esquel - Chubut, 26 y 27 de julio de 2001.
- De Fina, A., A. Garbosky, F. Gianetto, y L. Sabella. 1968. Difusión geográfica de cultivos índices en la Provincia de Santa Cruz. INTA, Buenos Aires.
- Del Valle, H., N. Elissalde, D. Gagliardini, y J. Milovich. 1998. Status of desertification in the Patagonian Region: Assessment and mapping from satellite imagery. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 12:95-122.
- Eiden, G. 1995. Aspectos metodológicos de la percepción de fenómenos geoecológicos de la desertificación mediante métodos de teledetección. Pages 65-85 en H. Del Valle, G. Eiden, H. Mensching, y J. Goergen, editors. Lucha contra la desertificación en la Patagonia. Cooperación técnica argentino - alemana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y GTZ, Bariloche.
- Luque, J., N. Ciano, V. Nakamatsu, M. Amari, y C. Lisoni. 2000a. Monitoreo de la evolución de la biodegradación del petróleo en un derrame próximo a la ciudad de Caleta Olivia. en Cuartas Jornadas de Preservación de Agua, aire y suelo en la industria del petróleo y gas., Salta.
- Luque, J., N. Ciano, V. Nakamatsu, M. Amari, y C. Lisoni. 2000b. Saneamiento de derrames de hidrocarburos por la técnica de biodegradación "in situ" en Patagonia, Argentina. en XI Conferencia del International Soil Conservation Organization (ISCO 2000), Buenos Aires.
- Movia, C. P., A. Soriano, y R. J. C. León. 1987. La vegetación de la cuenca del Río Santa Cruz (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Darwiniana* 28:9-78.
- Nakamatsu, V., N. Elissalde, J. Pappalardo, y J. Escobar. 1993. Estepas arbustivas del centro- oeste del Chubut. Pages 5-13 en J. Paruelo, M. Bertiller, T. Schlichter, y F. Coronato, editors. Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos: Su caracterización mediante el modelo de Estados y Transiciones. Ludepa SME, Bariloche.
- Oliva, G., L. González, P. Rial, y E. Livraghi. 2001. El ambiente en la Patagonia Austral. en P. Borrelli y G. Oliva, editors. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral.
- Oliva, G., P. Rial, L. González, y E. Mazzoni. 1995. Evaluación del estado actual de la desertificación en la Transecta Santa Cruz. Pages 65-85 en H. Del Valle, G. Eiden, H. Mensching, y J. Goergen, editors. Lucha contra la desertificación en la Patagonia. Cooperación técnica argentino - alemana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y GTZ, Bariloche.
- Oliva, G., V. Utrilla, V. Nakamatsu, J. Luque, y C. Lisoni. 1999. Revegetación natural del Mallín El Zorro (Santa Cruz), contaminado por petróleo y salinización. Pages P 135 en Resúmenes de la XIX Reunión Argentina de Ecología. . Tucumán. Argentina.

- Rial, P. 2001. Grandes Unidades de Paisaje. Pages 22-40 en P. Borrelli y G. Oliva, editors. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. INTA, Buenos Aires.
- Salazar Lea Plaza, J., y R. Godagnone. 1990. Provincia de Santa Cruz. Escala 1:1.000.000. en Atlas de Suelos de la República Argentina. INTA - Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- Utrilla, V., G. Oliva, M. Mascó, V. Nakamatsu, N. Ciano, J. Luque, y C. Lisoni. 1999. Revegetación, mediante especies forrajeras introducidas, de un mallín en Patagonia afectado por derrames de petróleo y salinización. Pages 134 en Resúmenes de la XIX Reunión Argentina de Ecología. ASAE.

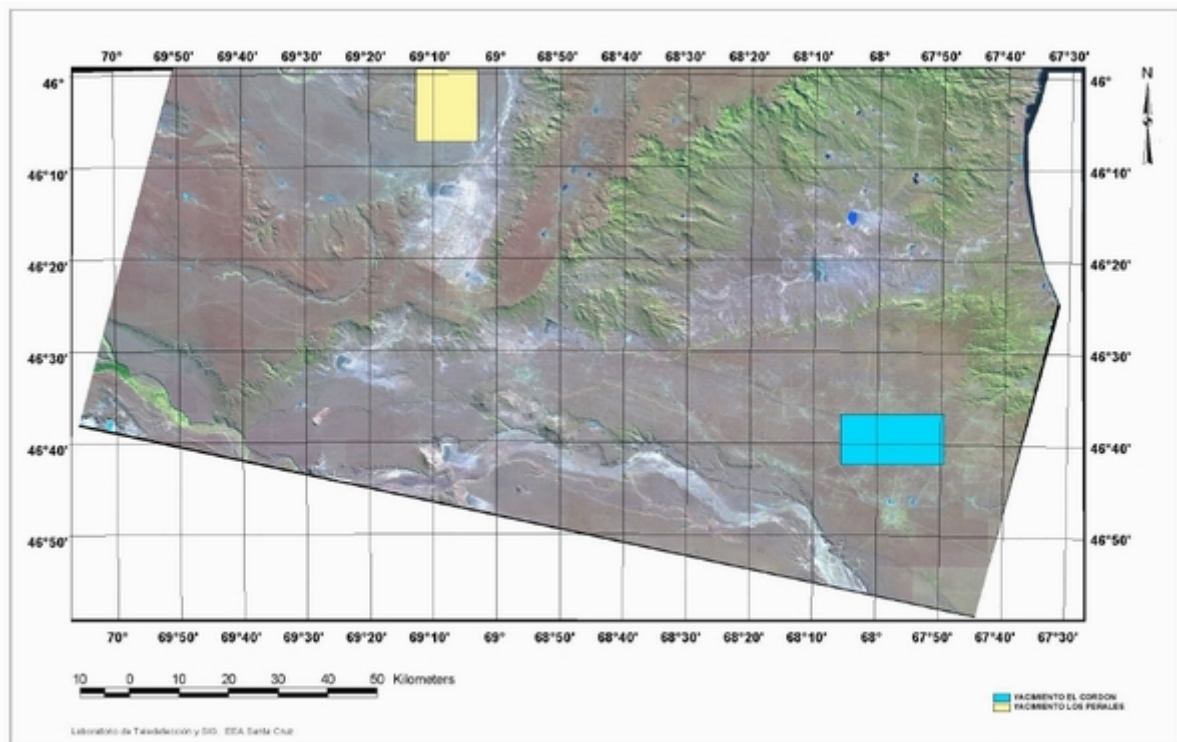


Figura 1: Imagen Landsat TM con ubicación de las Áreas Yacimiento El Cordón, Pico Truncado y Yacimiento Los Perales, Las Heras

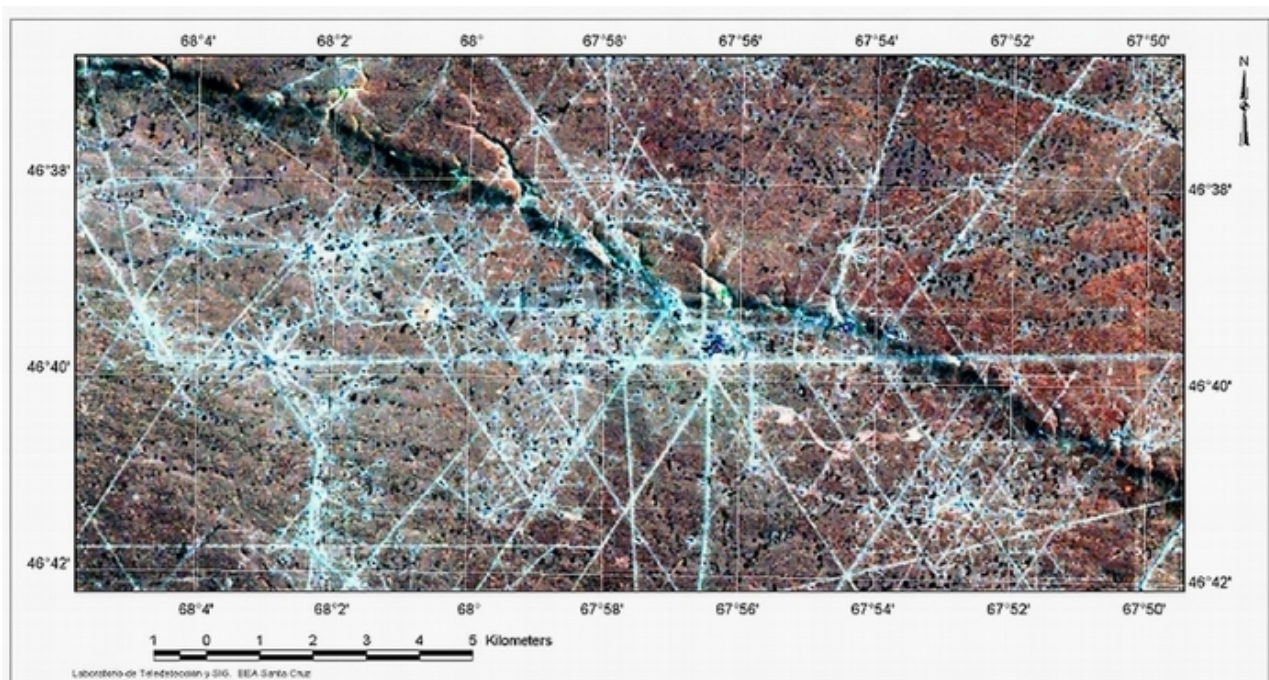


Figura 2: Recorte de imagen Landsat TM del Yacimiento El Cordón, Pico Truncado. Año 1986.

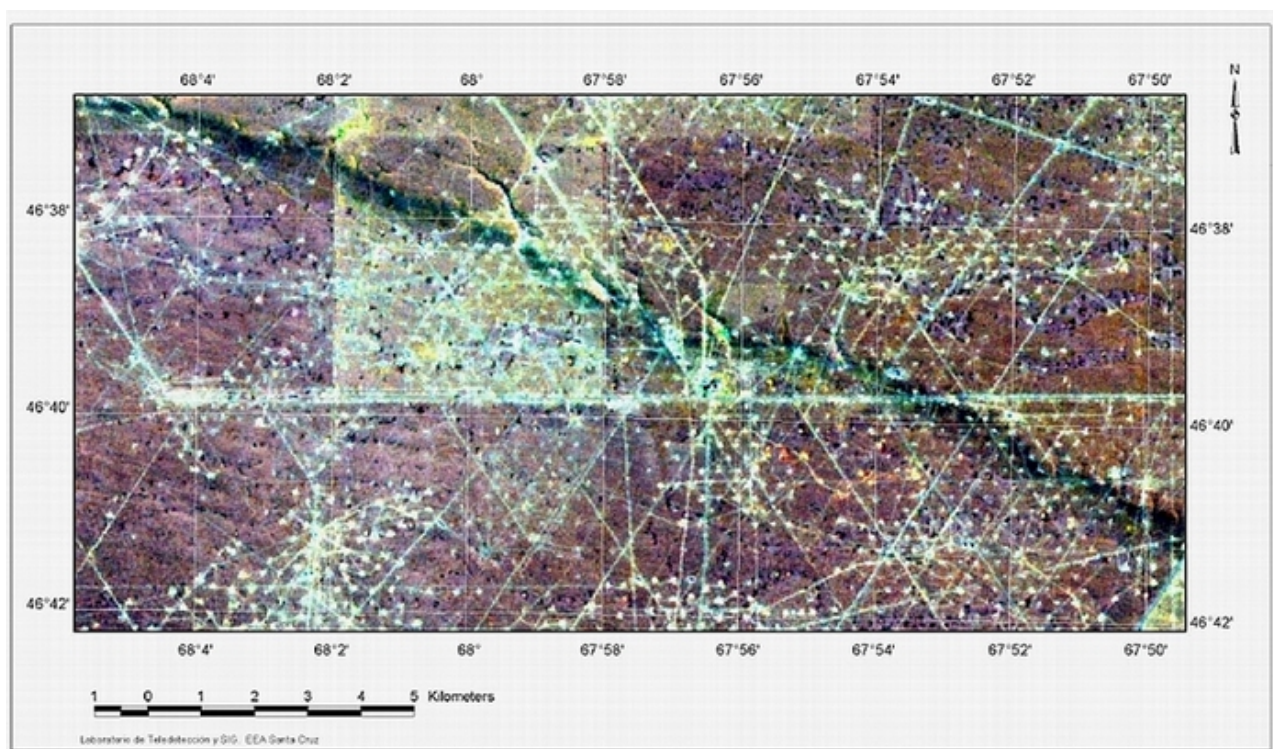


Figura 3: Recorte de imagen Landsat TM del Yacimiento El Cordón, Pico Truncado. Año 2003.

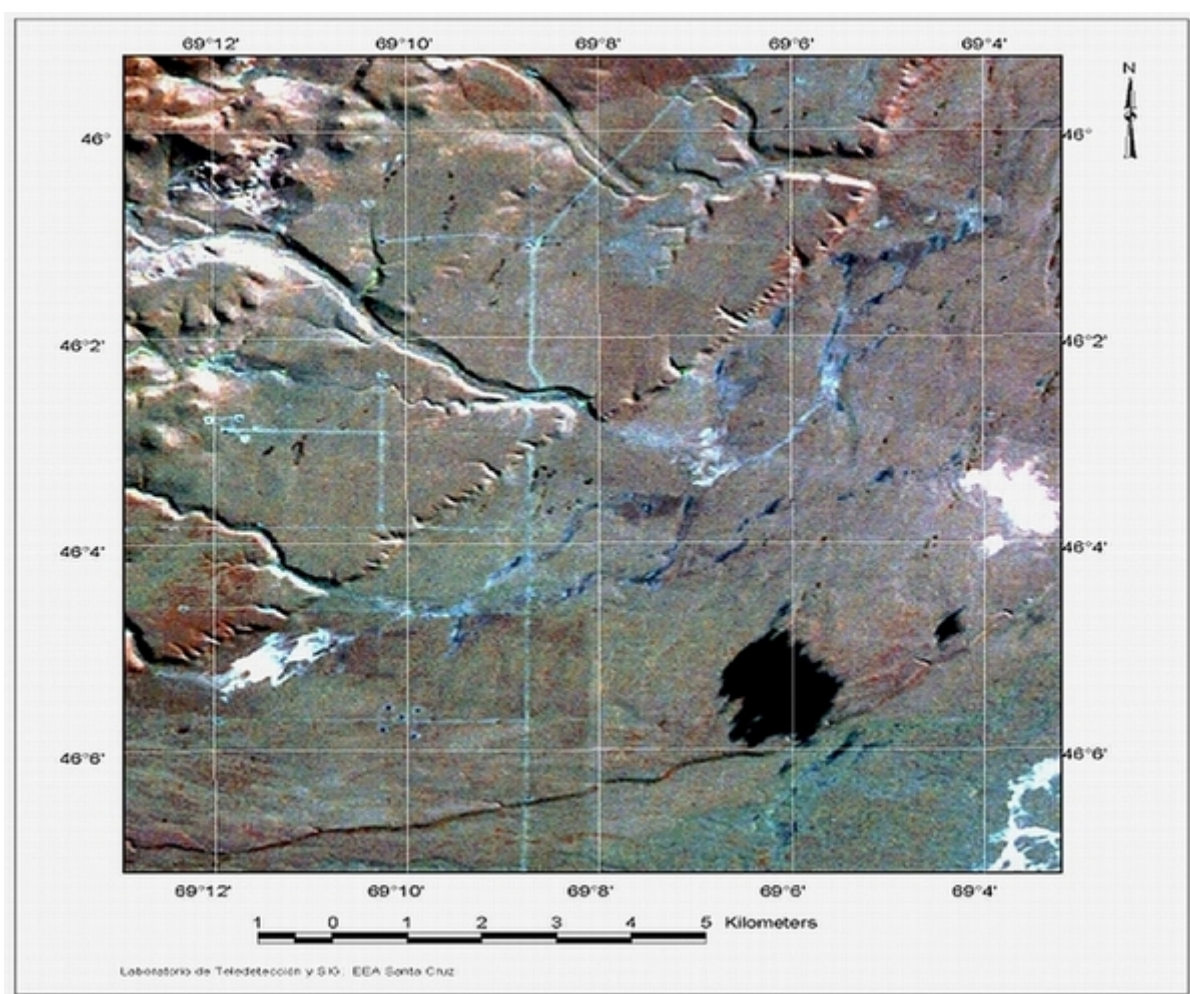


Figura 4: Recorte de imagen Landsat TM del Yacimiento Los Perales, Las Heras. Año 1986.

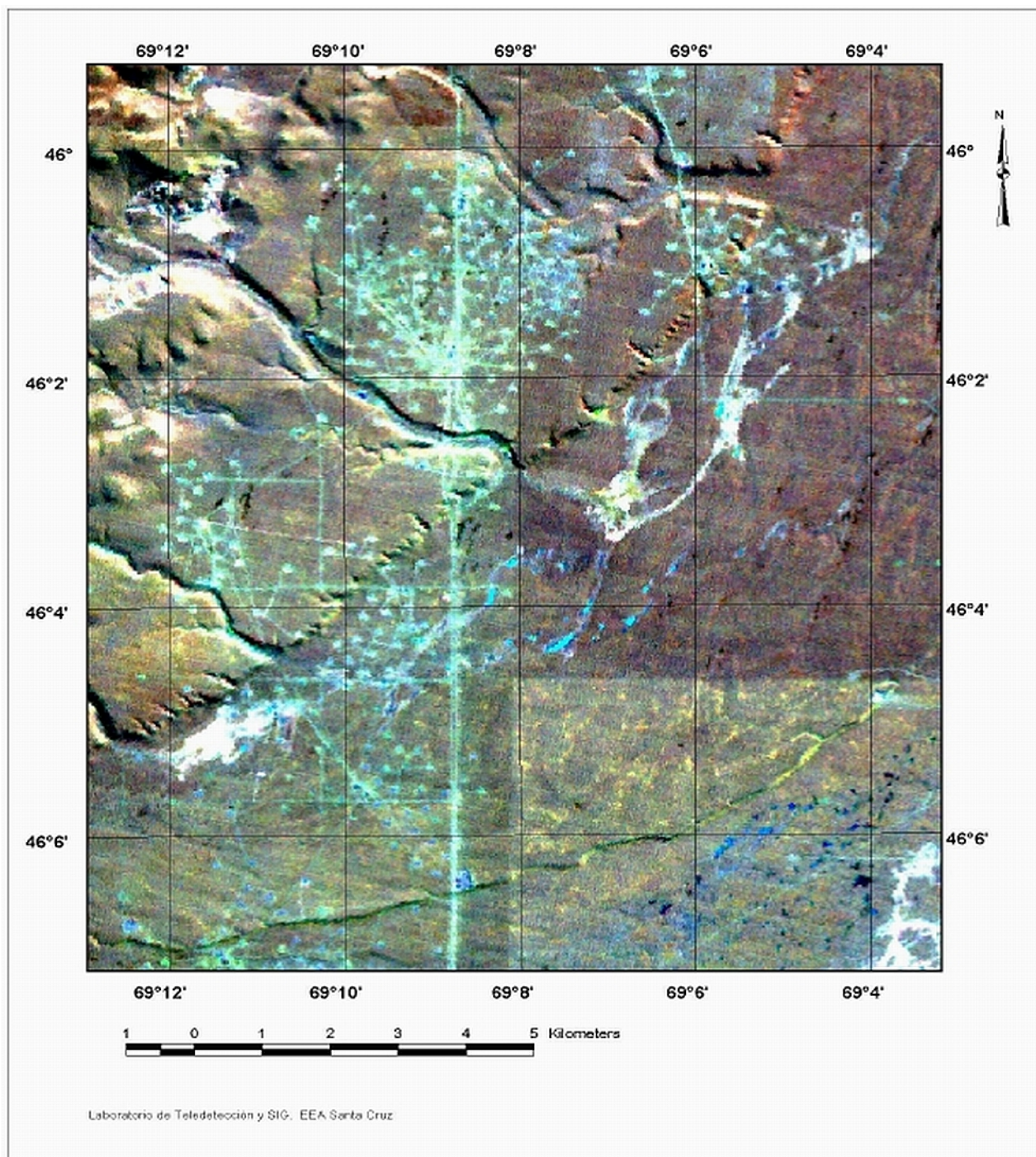


Figura 5: Recorte de imagen Landsat TM del Yacimiento Los Perales, Las Heras. Año 2003.

Locaciones	Cantidad	Superficie (ha)	Superficie (%)
1986	769	769	3.69
2003	1336	1336	6.42
Caminos	Longitud (km)	Superficie (ha)	Superficie (%)
1986	389	530	2.55
2003	690	831	3.99
Total afectado (camino y locaciones)		Superficie (ha)	Superficie (%)
1986		1300	6.24
2003		2167	10.41
Incremento		51 ha / año	0.24 % / año

Tabla 1: Superficie afectada por locaciones y caminos en el Área Yacimiento El Cordón, Pico Truncado

Locaciones	Cantidad	Superficie (ha)	Superficie (%)
1986	25	25	0.13
2003	334	334	1.83
Caminos	Longitud (km)	Superficie (ha)	Superficie (%)
1986	44	60	0.33
2003	102	119	0.65
Total afectado		Superficie (ha)	Superficie (%)
1986		86	0.46
2003		453	2.48
Incremento		22 ha / año	0.12 % / año

Tabla 2: Superficie afectada por locaciones y caminos en el Área Yacimiento Los Perales, Las Heras

Índices descriptivos de intensidad de uso (año 2003)	El Cordón, Pico Truncado	Los Perales, Las Heras
Densidad de locaciones (locaciones / 100 ha)	6.42	1.83
Longitud de caminos por locación (km / locación)	0.52	0.31
Superficie total afectada por locación (ha / locación)	1.62	1.36

Tabla 3: Índices descriptivos de intensidad de uso para ambas áreas (año 2003)

Fertilidad	Disturbado	Testigo	F	P
Nitrógeno total (%)	0.049	0.061	4.88	0.032
Potasio (cmol(+)/kg)	15.09	14.13	0.23	ns
Fósforo Olsen (mg/kg)	0.67	0.69	0.21	ns
Carbono orgánico (%)	0.51	0.57	0.04	ns
pH y resistencia	Disturbado	Testigo	F	P
pH	7.75	7.38	4.6	0.030
Resistencia (ohm.cm)	1092	1616	3.12	ns
Muestras salinas	Disturbado	Testigo	F	P
% de muestras salinas	57.74	21.74		
Conductividad (dS/m)	4.955	2.564	2.92	ns
Bicarbonatos (mmol(+)/l)	3.854	5.886	5.80	0.027
Cloruros (mmol(+)/l)	15.90	14.93	0.01	ns
Sulfatos (mmol(+)/l)	28.655	1.367	8.31	0.010
Sodio (cmol(+)/kg)	9.764	3.452	0.94	ns
CaCO ₃ (%)	7.653	4.463	15.27	0.001
Textura	Disturbado	Testigo	F	P
% limo fino (2-20 μ)	7.264	7.717	0.03	ns
% limo grueso (20-50 μ)	1.495	1.596	0.03	ns
% arena muy fina (50-100 μ)	9.359	12.487	12.60	0.001
% arena fina (100-250 μ)	22.800	27.861	13.01	0.001
% arena media (0,25-0,5 μ)	21.768	21.578	0.02	ns
% arena gruesa (0,5-1 mm)	7.745	7.448	0.58	ns
% arena muy gruesa (1-2 mm)	3.041	2.461	1.97	ns
% arcilla (< 2 μ)	26.527	18.852	7.28	ns
% limo total	8.759	9.313	0.36	ns
% arena total	64.714	71.835	6.45	0.015
% gravas (> 2 mm)	26.714	13.182	9.1	0.004

Tabla 4: Análisis del efecto de los disturbios en el suelo.
Los valores F y P corresponden a pruebas del Análisis de Varianza.

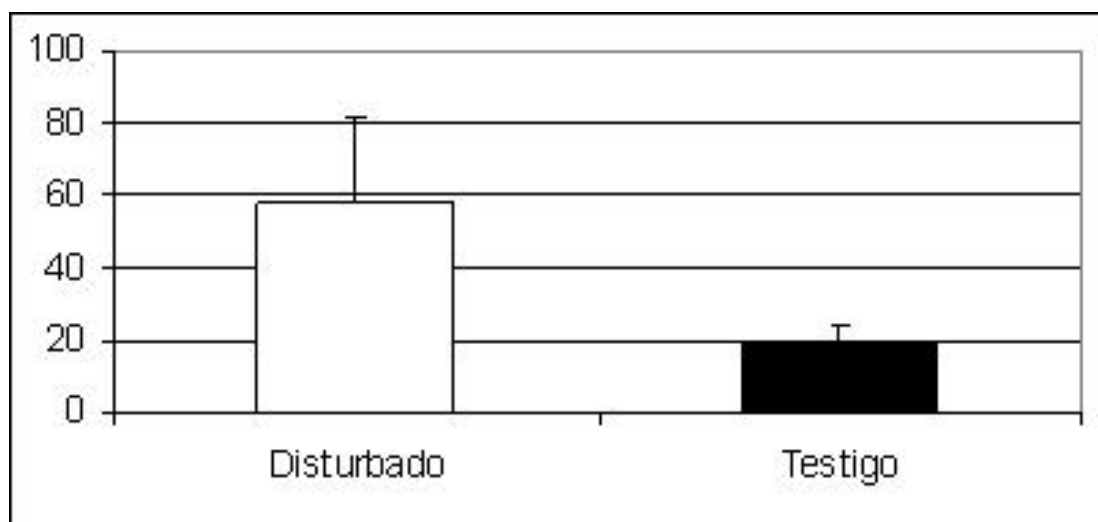


Figura 6: Valores de compactación medidos con el penetrómetro.

Fertilidad	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
Nitrógeno total (%)	0.055 ab	0.038 b	0.048 ab	0.061 a
Potasio (cmol (+) /kg)	0.675	0.320	0.478	0.565
Fósforo Olsen (mg/kg)	16.13	15.40	14.00	14.13
Carbono orgánico (%)	0.643	0.410	0.846	0.692
pH y resistencia	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
pH	7.83 a	7.56 a	7.80 a	7.38 a
Resistencia (ohm.cm)	1148	1608	756	1616
Muestras salinas	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
% de sitios salinos	50.0	60.0	60.0	21,7
Conductividad (dS/m)	4.90	4.26	5.28	2.56
Bicarbonatos (mmol (+) /l)	5.15 a	2.30 b	3.77 ab	5.89 a
Cloruros (mmol (+) /l)	36.20	1.17	9.73	14.93
Sulfatos (mmol (+) /l)	4.87 b	47.63 a	31.54 a	1.37 b
Sodio (cmol (+) /kg)	8.70	19.78	5.14	3.45
CaCO ₃ (%)	5.13 ab	8.50 a	9.57 a	4.46 b
Textura	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
% limo fino (2-20 μ)	5.0	7.6	9.1	7.7
% limo grueso (20-50 μ)	1.6	2.4	0.9	1.6
% arena muy fina (50-100 μ)	9.2 b	8.4 b	10.1 ab	12.5 a
% arena fina (100-250 μ)	23.9 ab	21.4 b	22.6 b	27.9 a
% arena media (0,25-0,5 mm)	20.9	26.5	19.9	21.6
% arena gruesa (0,5-1 mm)	7.5	7.7	8.0	7.4
% arena muy gruesa (1-2 mm)	2.4	4.1	3.0	2.5
% arcilla (< 2 μ)	29.6	22.0	26.3	18.9
% limo total	6.6	10.0	10.0	9.3
% arena total	63.8 a	68.0 a	63.7 a	71.8 a
% gravas (> 2 mm)	16.3 c	42.0 a	27.6 b	13.2 c

Tabla 5: Análisis de suelos por tipo de disturbio

Cobertura y riqueza	Disturbado	Testigo	F	P
Cobertura (%)	22.38	22.62	0.01	ns
Riqueza (especies por sitio)	12.09	18.78	56.31	<.0001
Formas de vida	Disturbado	Testigo	χ^2	P
Coirones	8.78	10.52	3.98	0.046
Pastos cortos	7.05	13.45	192	<.0001
Hierbas	4.98	4.76	0.67	ns
Arbustos	1.63	1.43	0.83	ns
Subarbustos	4.44	16.89	420	<.001
Anuales vs perennes	Disturbado	Testigo	χ^2	P
Perennes	5.16	8.84	316	<.001
Anuales	4.63	6.11	9.89	.002
Nativas vs introducidas	Disturbado	Testigo	χ^2	P
Nativas	4.64	8.99	418	<.001
Introducidas	6.94	6.42	1.51	ns
Malezas vs no malezas	Disturbado	Testigo	χ^2	P
No malezas	4.79	9.36	475	<.001
Malezas	6.86	3.40	63	<.001

Tabla 6: Análisis del efecto del disturbio sobre la vegetación

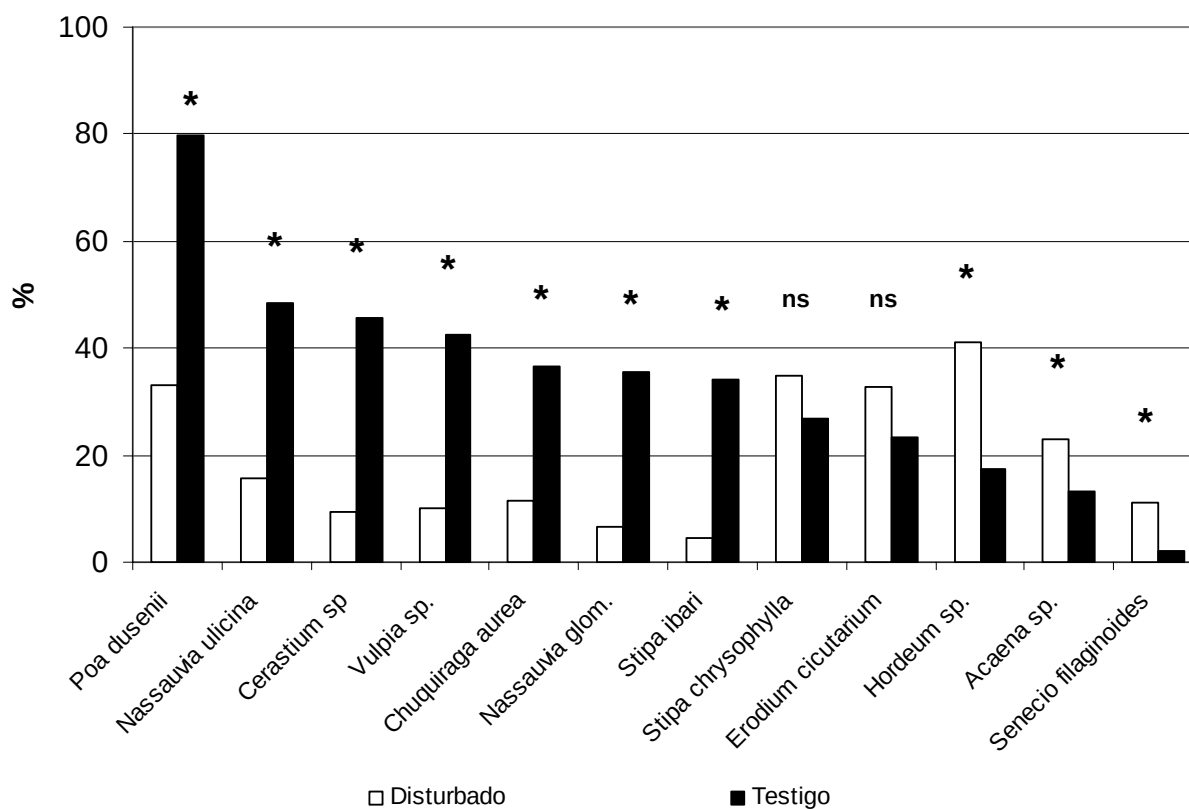


Figura 7: Frecuencia (porcentaje de marcos que registraron la especie) en sitios disturbado y testigo, para las 12 especies de mayor cobertura en la comunidad. * indica diferencias significativas (Análisis de Varianza).

Sitio	Especie	Forma de vida	Nombre común	Nativa	Anual	Maleza
Disturbado	<i>Acaena poeppigiana</i>	Hierba	Abrojo	SI	NO	NO
	<i>Adesmia sp</i>	Hierba	Adesmia	SI	NO	NO
	<i>Bromus setifolius</i>	Pasto corto	Cebadilla patagónica	SI	NO	NO
	<i>Erodium cicutarium.</i>	Hierba	Alfilerillo	NO	SI	SI
	<i>Grindelia chilensis</i>	Hierba	Boton de oro	SI	NO	NO
	<i>Lepidium sp</i>	Hierba	Lepidium	NO	SI	SI
	<i>Marrubium sp</i>	Hierba	Marrubium	NO	SI	SI
	<i>Matricaria inodora</i>	Hierba	Manzanilla	NO	SI	SI
	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba	Diente de león	NO	NO	SI
Testigo	<i>Agrostis sp</i>	Pasto corto	Agrostis	SI	NO	NO
	<i>Arjona patagónica</i>	Hierba	Arjona	SI	NO	NO
	<i>Baccharis sp</i>	Subarbusto	Baccaris	SI	NO	NO
	<i>Brachyclados caespitosus</i>	Subarbusto	Brachiclado	SI	NO	NO
	<i>Maihuenia sp</i>	Cactacea	Cacto	SI	NO	NO
	<i>Chuquiraga avellandae.</i>	Subarbusto	Quilembai	SI	NO	NO
	<i>Distichlis sp</i>	Pasto corto	Pelo de chanco	SI	NO	NO
	<i>Draba magellanica</i>	Hierba	Draba	SI	SI	NO
	<i>Elymus magellanicus</i>	Coirón	Elimo	SI	NO	NO
	<i>Festuca pallescens</i>	Coirón	Coirón blanco	SI	NO	NO
	<i>Hamadryas delfinii</i>	Hierba	Hamadria	SI	NO	NO
	<i>Juncus balticus</i>	Graminoide	Junco	SI	NO	NO
	<i>Junellia ligustrina</i>	Arbusto	Verbena	SI	NO	NO
	<i>Junellia tridens</i>	Arbusto	Mata negra	SI	NO	NO
	<i>Plantago lanceolata</i>	Hierba	Siete venas	NO	NO	NO
	<i>Poligonum sp.</i>	Hierba	Sanguinaria	NO	NO	SI
	<i>Stipa chubutensis</i>	Coirón	Coirón amargo	SI	NO	NO
	<i>Sisyrinchium sp.</i>	Hierba	Junquillo	SI	NO	NO
	<i>Tetraglochin sp.</i>	Subarbusto	Tetraglochin	SI	NO	NO

Tabla 7: Especies exclusivas de cada sitio (disturbado y testigo).

Cobertura y riqueza	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
Cobertura (%)	28.33	18.00	18.77	22.62
Riqueza (especies por sitio)	13.33 b	11.00 b	11.40 b	18.78 a
Formas de vida	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
Coirones	11.25	5.40	8.5	10.5 *
Pastos cortos	7.27	4.37	8.21	13.45 *
Hierbas	6.30	5.13	3.85	4.76 *
Arbustos	1.45	1.60	1.80	1.43 ns
Subarbustos	6.78	0.80	4.40	16.89 *
Perennes vs anuales	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
Perennes	6.33	3.49	5.07	8.84 *
Anuales	5.00	4.80	4.25	6.11 *
Nativas vs introducidas	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
Nativas	5.53	3.22	4.64	8.99 *
Introducidas	8.71	5.47	6.27	6.42 *
Malezas	Caminos	Canteras	Locaciones	Testigos
No malezas	5.66	3.12	4.92	9.36 *
Malezas	9.00	6.76	5.20	3.40 *

Tabla 8: Análisis del efecto de los tipos de disturbio en la frecuencia de la vegetación

Curriculum abreviado de autores

DEGRADACIÓN DE SUELO Y VEGETACIÓN POR EXPLOTACIÓN HIDROCARBURÍFERA EN LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE (SANTA CRUZ) Y POSIBILIDADES DE REHABILITACIÓN.

CASTRO DASSEN, Horacio. Ingeniero Agrónomo. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

RIAL, Pablo. Licenciado en Geología. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

OLIVA, Gabriel. Doctor en Ciencias Biológicas. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

GONZÁLEZ, Liliana. Ingeniero agrónomo. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

PAREDES, Paula. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

HUMANO, Gervasio. Técnico agropecuario. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

FENOGLIO, Jorge. Ingeniero. Dirección Provincial de Energía de la Provincia de Santa Cruz.

FERNANDEZ CLARK, Maria Eugenia. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Subsecretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Cruz.

RIVERA, Emilio. Técnico agropecuario. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.

PACHADO, Gabriel. Dirección Provincial de Energía de la Provincia de Santa Cruz.

DARDIS, Ernesto. Ingeniero. Representante de Nación en Repsol.

QUARGNOLO, Eduardo. Ingeniero en Producción Agropecuaria. EEA Santa Cruz Convenio INTA-UNPA- Provincia de Santa Cruz.