

Gestión Ambiental de pasivos en Cañadón León, Meseta Espinosa y Cañadón León (Pcia de Santa Cruz).

Luque, Jorge Luis (1), Ciano Nicolás (1), Vicente César (2)

(1) EEA Chubut, INTA, (2) Repsol-YPF Unidad Económica Cañadón Seco

Resumen.

El tratamiento de los pasivos ambientales en la actividad petrolera representan una oportunidad para implementar una propuesta de gestión que permita caracterizarlos, evaluar su riesgo e implementar medidas de mitigación, tendientes a reducir los riesgos potenciales que representan para la sociedad. En el NE de la provincia de Santa Cruz, se realizó un relevamiento de pasivos ambientales que contemplaba piletas de locaciones conteniendo lodos y petróleo, afloramientos de petróleo en diferentes estados de degradación, montículos de petróleo y suelo empetrolado cuyo origen es el acopio de material de antigua data, y movimiento de maquinarias para trabajos de remediación en derrames antiguos. Con la información brindada por el relevamiento edáfico, florístico y ambiental, se realizó una evaluación de impacto mediante matrices, que relacionan el ambiente con acciones de impacto y mitigación, y permiten seleccionar aquella medida de mitigación que produzca el mayor beneficio. A partir de los resultados obtenidos, y de acuerdo a la legislación vigente que caracteriza a estos pasivos ambientales como “residuos petroleros”, se determinó el tratamiento a realizar a estos materiales. Si excede los niveles de la legislación se recomienda su tratamiento *in situ* con técnicas de biodegradación. Si esto no es viable, por contener metales pesados o PAH, o encontrarse a una profundidad en que no puede ser tratado, se retira para su tratamiento y/o disposición final. Con este diagnóstico, se procede posteriormente a la recomposición florística y paisajística del sitio. Este plan de gestión implementado, nos permite contar con una herramienta lógica antes del inicio de cualquier tarea de remediación de un pasivo ambiental.

Introducción

La premisa de máxima cuando se toma la decisión de remediar un pasivo ambiental es la minimización de los residuos “en origen”, ya que este concepto es reconocido como el enfoque más sensato para minimizar el impacto ambiental asociado a la gestión de los residuos. Mediante la detección y evaluación del riesgo de alterar las condiciones actuales del sitio estamos en condiciones de efectuar un diagnóstico ambiental que será el motor que generará posteriormente el Programa de Gestión Ambiental y la confección de un relevamiento de campo, previo a cualquier inicio de las tareas de remediación de un pasivo. Esto proporcionará información tal como **intensidad** (según la destrucción del ambiente sea total, alta, media o baja), **el momento en que manifiesta** (contaminación de un suelo como consecuencia de que se vayan acumulando contaminantes), **persistencia** (según sea más o menos fácil de reparar), y la **suma de efectos** (a veces la alteración final causada por un conjunto de impactos es mayor que la suma de todos los individuales, efecto sinérgico).

El relevamiento de campo incluirá muestreos y análisis a fin de establecer el nivel de impacto de los contaminantes presentes y las medidas correctivas que no agraven el deterioro o bien no signifiquen un cambio importante en las condiciones actuales, ya que se podrá establecer fehacientemente si los contaminantes presentes no significan un problema grave y con medidas sencillas y prácticas pueda mejorarse la condición del lugar.

En el marco de las actividades del Convenio INTA – REPSOL YPF S.A. se realizó el estudio de impacto ambiental (EIA) de pasivos ambientales en Cañadón Seco, Meseta Espinosa y Cañadón León. El objetivo del trabajo ha sido cuantificar la problemática, caracterizar los

materiales con hidrocarburos que componen el pasivo ambiental, y proponer medidas de mitigación y recuperación.

Desarrollo

1. Tipos de problemática

Los pasivos ambientales sobre los cuales se ha realizado el estudio corresponden a 3 tipos de problemáticas:

- a) Piletas de locaciones, conteniendo lodos o barros y petróleo.
- b) Afloramientos de petróleo en diferentes estados de degradación.
- c) Montículos de petróleo y suelo empetrolado cuyo origen es el acopio de material, generalmente proveniente de antiguos derrames o de oleoductos abandonados.

1.1.-Problemática n° 1 (piletas y montículos de petróleo)

El área ubicada por debajo de la locación, es una ladera arenosa con una importante pendiente, lo que representa una alta susceptibilidad natural a la erosión. Sobre la ladera, se ubican siete piletas cuya función fue contener material residual, lodos y petróleo provenientes de la explotación de la locación. Entre el 2003 y el 2004 se había realizado extracciones de la mayor parte del material contenido (hidrocarburos y lodos) en las piletas utilizando una retroexcavadora. El resultado ha sido un impacto muy severo, puntual e intenso a causa del trabajo realizado por la maquinaria, con las siguientes consecuencias:

- Remoción intensa del suelo que implicó corte de las capas de suelo mas superficiales, presencia de montículos de suelo removido (mezclado con petróleo en la mayoría de los casos) y eliminación de la vegetación.
- Apertura de senderos de tránsito o picadas para el tránsito de la retroexcavadora, que se constituyeron en vehículos ideales para el proceso de erosión por escorrentía.
- Pisoteo de suelo y vegetación en las zonas aledañas por tránsito reiterado de las maquinarias tipo oruga.
- Presencia en el área de rollos de alambres, varillas y cañerías (chatarra).
- Decapitación y extracción de capas de suelo superficial tanto en las piletas y sectores adyacentes, como en los senderos de tránsito.
- Presencia en superficie, adyacente a las piletas, de lodos extraídos del fondo de las piletas, en general alcalinos e impermeables.

La vegetación ha sufrido tres tipos de daños:

- Destrucción de la parte aérea (ramas y troncos) por pisoteo de la oruga de la maquinaria.
- Enterrado de parte de la vegetación arbustiva producto de la remoción de suelo y la distribución de material en montículos por toda el área.
- Destrucción de parte aérea y raíces al realizar el corte del perfil del suelo con la topadora para la traza de los senderos o picadas.

1.2.-Problemática n° 2 (Pileta).

Es una pileta de barros de inyección con petróleo (**Cuadro n° 9**). Esta pileta de inyección de petróleo es antigua (20 años aproximadamente) y se halla sobre una ladera, ubicada varios metros debajo de la plataforma de la locación.

1.3.-Problemática n° 3 (afloramientos y montículos de petróleo).

Son 20 montículos de suelo mezclado con hidrocarburo en diferentes estados (**Cuadro n° 15**), originados por rotura de un oleoducto cercano y posterior extracción y acumulación del material. Abarcan una superficie de 600 m², y un volumen de 390 m³., aproximadamente. Adyacente al montículo n° 1 se ubicó un derrame relativamente reciente, que abarca una superficie de 41 m².

2. Metodología de Trabajo

El EIA expeditivo incluyó relevamiento de la vegetación existente en el área, riesgo de erosión, muestreos de suelo contaminado y análisis de laboratorio para determinar y cuantificar la composición específica del hidrocarburo presente, la tasa de biodegradación y el contenido de metales pesados. Esto nos brindó la información necesaria para determinar el estado de degradación y el nivel de contaminación, de acuerdo a las exigencias de la legislación y/o normativa vigente

2.1.- Relevamiento de suelos

En cada sitio se cuantificó el suelo contaminado y/o pileta, se realizó un relevamiento fotográfico y se tomaron observaciones de campo. El tipo de muestreo adoptado en todos los casos fue el de muestra compuesta, una combinación de muestras sencillas puntuales.

La metodología de trabajo de campo seguida en cada una de las 3 problemáticas fue la siguiente:

a) Piletas de locaciones con barro y petróleo: se excavó hasta 1-1,20 metros de profundidad, mediante una pequeña retroexcavadora, y posteriormente se realizó una separación descriptiva de las capas de suelo, lodo e hidrocarburos. En cada capa se analizaron Hidrocarburos totales (% de HT), BTEX (Hidrocarburos aromáticos simples), Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), Metales pesados, Sulfuros y Propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, Salinidad y Sodicidad).

b) Afloramientos de petróleo en diferentes estados de degradación: se realizó el muestreo de acuerdo a la profundidad de suelo afectada, analizándose los siguientes parámetros: Hidrocarburos totales, BTEX, PAH's, pH, Salinidad y Sodicidad.

c) Montículos de petróleo y suelo empetrolado: se muestreó tratando de abarcar el espesor del montículo en distintas direcciones mediante un barreno tipo sacabocado. Se analizó: Hidrocarburos totales, BTEX, pH, Salinidad y Sodicidad

2.2.-Evaluación del impacto ambiental mediante matrices.

Una matriz en la gestión ambiental es una herramienta de suma utilidad para identificar y valorar los posibles impactos ambientales en un proyecto o bien en un pasivo, mediante la interrelación entre la medida de la mitigación propuesta y el factor ambiental involucrado. Las matrices permiten la valoración del inventario realizado y el cruce de impactos con elementos del medio ambiente implicado. La construcción de una matriz permite diferenciar entre el ámbito físico y biológico y el ámbito socio-económico.

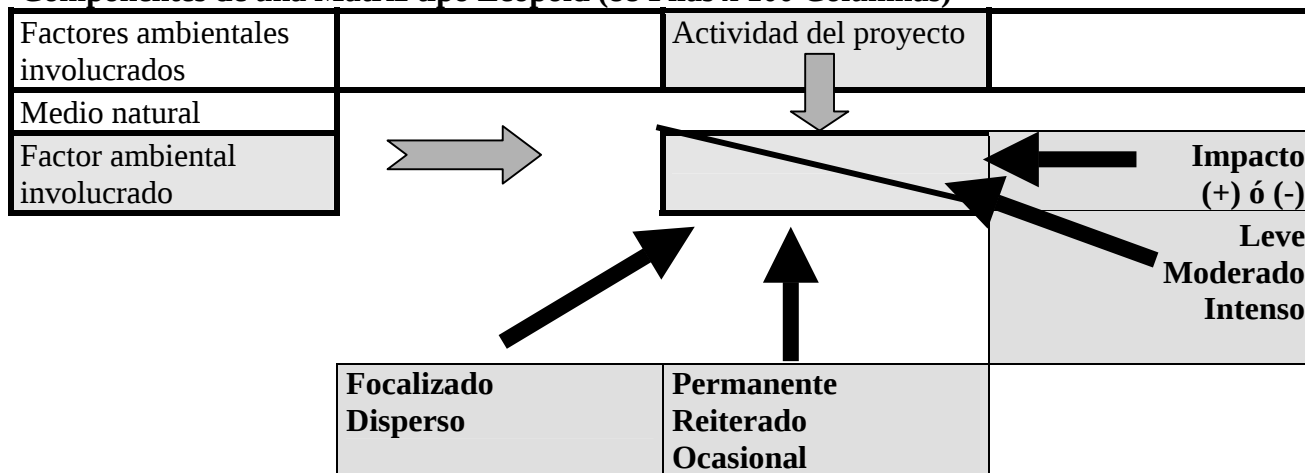
<i>Técnica</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
Matrices de impactos. (cruces en una tabla entre acciones de proyecto y elementos del medio)	Carácter sintético. Datos cualitativos y cuantitativos.	Mucha subjetividad. Carácter no selectivo.

El tipo de matriz utilizada fue la denominada **Matriz de Leopold** que consiste en un cuadro de doble entrada, cuyas columnas están encabezadas por una amplia relación de **factores ambientales** (88) y cuyas entradas por filas están ocupadas por otra relación de **acciones** (100) causa de impacto aunque no todos se utilizan en todos los casos (ver Cuadros 8, 14 y 20). Ambas listas de factores y acciones tienen carácter de listas de chequeo entre los que se seleccionan los relevantes para cada caso. En las columnas figuran las **acciones humanas** que pueden alterar el sistema y en las filas **las características del medio** que pueden ser alteradas. En esta matriz se establecen criterios de valoración de los impactos, dando como resultado valores numéricos que dan un panorama general de la importancia de los impactos que sobre el medio físico y social tienen las distintas acciones y alternativas.

En suma, se trata de una matriz de relación causa-efecto que añade a su papel en la identificación de impactos la posibilidad de mostrar la estimación de su valor. Para realizar este tipo

de matrices es necesario definir los impactos y caracterizarlos. La matriz es una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios.

Componentes de una Matriz tipo Leopold (88 Filas x 100 Columnas)



Mediante la intersección de columnas y filas quedan definidas las interacciones entre acciones y factores, es decir los impactos. Cada impacto es caracterizado en **submatrices** parciales según los siguientes parámetros:

Submatriz Carácter (Ca): Indica si un impacto es benéfico o dañino para el componente ambiental. Se califica en:

Positivo (+1): impacto que implica un mejoramiento respecto a la condición basal.

Negativo (-1): impacto que implica un deterioro respecto a la condición basal

Submatriz Intensidad (In): Refleja el grado de alteración de la variable, independiente de la extensión geográfica del impacto. Se califica en:

Baja (0): Cuando el grado de alteración es pequeño y la condición original del elemento o del componente prácticamente se mantiene.

Media (0,5): Cuando el grado de alteración implica cambios notorios con respecto a la condición basal, pero dentro de los rangos aceptables.

Alta (1): Cuando el grado de alteración de la condición basal es significativa

Submatriz Extensión (Ex): Define la magnitud del área afectada por el impacto (**Cuadro 12**).

Puntual (0,1 a 0,3): Cuando influye en menos del 10 % del área de influencia del elemento o componente

Media o local (0,4 a 0,7): Cuando su efecto ocurre en mas del 10 % y menos del 75 % del área de influencia del elemento o componente

Total o Regional (0,8 a 1): Cuando se manifiesta sobre mas del 75 % del área de influencia

Submatriz Desarrollo (De): Se refiere al tiempo que el impacto tarda en desarrollarse completamente.

Muy rápido (0,9 a 1) Menos de 1 mes

Rápido (0,7 a 0,8) 1 a 6 meses

Medio (0,5 a 0,6) de 6 a 12 meses

Lento (0,3 a 0,4) de 1 a 2 años

Muy Lento (0,1 a 0,2) Mas de 2 años

Submatriz Duración (Du): Se refiere al período durante el cual el efecto producido por la actividad persiste en el medio.

Corto plazo: (0,1 a 0,2) Hasta 2 años

Mediano Plazo: (0,3 a 0,4) de 3 a 4 años

Largo Plazo: (0,5 a 0,7) de 5 a 10 años

Permanente: (0,8 a 1) dura mas de 10 años

Submatriz Reversibilidad (Re) : Indica la posibilidad que el elemento o componente ambiental afectado recupere su condición basal.

Reversible (0,1 a 0,3): Aquel en que la alteración, puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales y los mecanismos de autodepuración del medio.

Recuperable (0,4 a 0,7) : Aquel en que la alteración , puede ser revertida mediante acciones correctoras

Irreversible (0,8 a 1): Impacto que no se revierte en forma natural y tampoco mediante acciones correctoras

Submatriz Magnitud (Ma): Queda determinada por la suma ponderada de las calificaciones de las submatrices Intensidad, Extensión, Desarrollo, Duración y Reversibilidad.

Se calcula con: $Ma = In W1 + Ex We + De Wd + Du Wdu + Re Wr$,

donde Wi, We, Wd, Wdu, Wr corresponden a factores de peso de importancia de los parámetros, y deben ser estimados en base a la importancia que le da el equipo evaluador a cada uno de ellos. Los valores mas comunes son: $Wi = 0,2$ - $We = 0,3$ - $Wd = 0,15$ - $Wdu = 0,15$ - $Wr = 0,20$

Estas submatrices quedan finalmente relacionadas en una matriz de importancia que se deduce mediante la multiplicación de la **submatriz carácter** y la **submatriz magnitud**, y la importancia del impacto se valora de acuerdo al siguiente cuadro:

Valor	Importancia
Entre 0.01 y 0.20	Impacto No significativo
Entre 0.21 y 0.40	Impacto Poco Significativo
Entre 0.41 y 0.60	Impacto Significativo
Entre 0.61 y 1.00	Impacto Muy Significativo

3.- Marco legal de referencia, vigente en la Provincia de Santa Cruz

 **Ley Nacional 24.051 Residuos Peligrosos y Decreto reglamentario 831/93:** se halla adherida a esta ley mediante la n° 2.567 provincial.

 **Resolución n° 5/95 de la Secretaría de Energía y Comunicaciones:** referida a los criterios ambientales a adoptar en el abandono de pozos de hidrocarburos (Boletín Oficial n° 28307 del 9/1/96).

 **Ley Provincial 2.567 Residuos Peligrosos, y su decreto reglamentario n° 712/02:** vigente desde Diciembre 2000. En la misma se dispone que la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos quedarán sujetos a las disposiciones de la presente ley cuando se trate de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a la jurisdicción provincial. A partir de diciembre del 2004, se incorpora a este decreto reglamentario n° 712/02, el **ANEXO X que es el decreto 3316/04**, por el que se regula la identificación de materiales afectados con hidrocarburos, los procedimientos para su tratamiento y disposición final, y los límites para los parámetros físicos y químicos de los residuos petroleros.

 **Ley Provincial 2658:** a los fines de la misma, se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), al procedimiento técnico administrativo destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir los efectos de corto, mediano y largo plazo que actividades, proyectos, programas o emprendimientos públicos o privados, puedan causar al equilibrio ecológico, al mantenimiento de la calidad de vida y a la preservación de los recursos naturales existentes en la Provincia.

 **Ley Provincial 2689 Creación del Programa de Saneamiento Ambiental para áreas hidrocarburíferas,** sancionada el 29 de Junio del 2004. Aun falta su decreto reglamentario para su puesta en vigencia efectiva.

Resultados

1.-Problemática n° 1 (piletas y montículos de petróleo).

1.1.-Relevamiento edáfico y ambiental

En este sitio se evaluaron las siete piletas y se muestrearon cuatro de ellas que representaban diferentes situaciones.

Los suelos del área constituyen depósitos eólicos estabilizados por la vegetación, muy pobres en materia orgánica y de muy baja capacidad de retención de humedad. La textura es arenosa, sin estructura en superficie y suelto hasta los 50-70 cm de profundidad. Luego se continúa con capas de suelo arcilloso alcalino, de reducida permeabilidad y tendencia a la sodificación (**Cuadros n° 1 y 2**).

La superficie total que abarcan las piletas (**Cuadro n° 1**), es de 473 m². Carecen totalmente de vegetación por la remoción realizada con la retroexcavadora y su contenido está removido y mezclado con hidrocarburo. El tamaño de las piletas varía entre 45 y 90 m² y el relevamiento es el siguiente:

- **Pileta n° 1.** Tiene alto contenido de petróleo hasta los 55 cm de profundidad (**Cuadros n° 1 y 4**). Texturalmente todo el perfil muestreado es arenoso (**Cuadro n° 3**). El pH es medianamente alcalino, con bajo contenido de sales, pero lo que fue el piso de la piqueta, por debajo de los 50 cm de profundidad, tiene un contenido relativamente alto de Sodio (**Cuadro n° 2**).

- **Pileta n° 2.** Edáficamente es de la misma naturaleza que la piqueta n° 1. Superficialmente hay una capa de 22 cm de lodos secos provenientes de las extracciones que se realizaron del fondo de la piqueta, mediante trabajo de retroexcavadora (**Cuadro n° 1**). Este material es impermeable (**Cuadro n° 3**) y fuertemente alcalino, configurando una limitante por constituir la capa superficial del suelo de la piqueta.

- **Pileta n° 3.** Los primeros 60 cm es suelo arcilloso (**Cuadro n° 1**) con muy escaso contenido de hidrocarburos, 1.8 % (**Cuadro n° 4**). Luego cambia texturalmente, volviéndose arenoso, sin presencia de petróleo.

- **Pileta n° 4.** Hasta los 28 cm es suelo arcilloso, material de relleno proveniente de la limpieza de la piqueta con retroexcavadora, con algo de petróleo. Se continúa con una capa de petróleo semidegradado anaeróbicamente de 8 cm de espesor, y de allí en más, desde los 36 cm de profundidad, comienza el suelo natural del sitio, de textura areno arcillosa (**Cuadro n° 1**).

- **Pileta n° 5.** Hasta los 50 cm de profundidad es una mezcla de suelo y petróleo seco en terrones, proveniente de la limpieza de la piqueta. Desde ahí hacia abajo el suelo natural es arcilloso expansivo, de estructura laminar (**Cuadro n° 1**).

- **Pileta n° 6.** Hasta los 40 cm de profundidad es hidrocarburo muy degradado, 2.1 % (**Cuadro n° 2**), luego se continúa con el material natural edáfico del sitio, arcillas laminares (**Cuadro n° 1**). El material que conforma el piso de la piqueta, es muy alcalino y con bajo contenido de sales y de PSI, sin restricciones en la permeabilidad (**Cuadros n° 2 y 3**).

- **Pileta n° 7.** Hasta los 70 cm de profundidad el material está conformado por un sustrato calcáreo, lodos e hidrocarburo muy degradado, 1-2,2 % en capas (**Cuadro n° 4**). De allí y hacia abajo continúa el suelo natural, constituido por arcillas bentoníticas (**Cuadro n° 1**). El suelo natural del piso de la piqueta es netamente alcalino, y con un PSI muy elevado (**Cuadros n° 2 y 3**).

Todas las piletas tienen hidrocarburo en las capas más superficiales de suelo (**Cuadro n° 1**), pero únicamente su contenido es alto (23 % superficialmente y 22 % subsuperficialmente) en la Pileta n° 1 (**Cuadro n° 5**), estando por encima del valor establecido por la legislación vigente (Decreto provincial 3316/04). En las restantes piletas el valor es menor al 2 %, encontrándose totalmente degradado. El hidrocarburo remanente en las piletas, al estar ya degradado en su mayoría (neto predominio de asfaltenos) no significa un impacto negativo y se constituye en una protección contra la erosión eólica por la naturaleza arenosa de los suelos.

En el material edáfico (material originario y de relleno) no se encontraron vestigios de

Sulfuros totales (**Cuadro n° 4**), metales pesados (**Cuadro n° 5**) ni Hidrocarburos Aromáticos Simples (**Cuadro n° 7**). Sólo se detectó la presencia de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAH's) en la capa 5 (entre los 58 y 70 cm de profundidad) de la pileta n° 7 (**Cuadro n° 7**). Allí, en una mezcla de lodos e hidrocarburos, se encontró 0,09 ugr/litro (análisis del lixiviado) de Fenantreno. Sin embargo este contenido está por debajo del límite establecido en la legislación vigente (0,28 ugr/litro).

1.2.-Recomendaciones de manejo para tratar el pasivo:

El sitio se debería sanear principalmente mediante tareas manuales ya que el ingreso de maquinaria pesada produciría un daño severo en el suelo y en la vegetación. El petróleo de antigua data se halla muy aterronado o bien en planchas que es muy fácil de romper mediante laboreos manuales, sin necesidad de utilizar maquinarias.

- a) Retirar los primeros 50 cm de suelo y petróleo de la pileta 1 para su tratamiento y disposición final. El contenido de hidrocarburos es muy alto y no se justifica tratarlo con biodegradación por bioestimulación por ser un sitio muy localizado y de poca extensión (57 m²).
- b) Retirar todo tipo de chatarra dispersa por el área.
- c) Revegetar todas las piletas, 500 m², ya que no hay limitaciones químicas ni contaminantes ambientales, incluido hidrocarburos, para el arraigue y la persistencia de la plantación.
- d) Clausurar, roturar y sembrar las picadas o senderos que unen las piletas. Esto permitirá controlar el riesgo de erosión eólica. La siembra para la fijación de suelos arenosos erosionados se realizará con *Leymus sabulosus*, especie graminosa ampliamente utilizada en Patagonia para la estabilización de médanos.

En los sitios en que falle el establecimiento de la siembra, se recomienda realizar, en el segundo año, la plantación de arbustos nativos para recomponer la cobertura vegetal.

1.3.-Evaluación del impacto ambiental mediante matrices (Cuadro n° 8)

La matriz muestra que los impactos negativos mas importantes (muy significativos) se dan:

- ◇ Durante las acciones de remoción de suelos
- ◇ Apertura de senderos de tránsito entre las piletas
- ◇ Decapitación y extracción de capas de suelo superficial en los senderos de tránsito.
- ◇ Presencia de suelo empetrolado en una de las piletas

También es de destacar el impacto al paisaje causado por el abandono de residuos sólidos (rollos de alambres, restos de cañerías, etc).

Los impactos positivos de mayor importancia causados por las acciones de mitigación se encuentran sobre el factor ambiental de paisaje al momento de realizar la revegetación de las piletas, la siembra en los senderos que unen las piletas y la realización de surcos que favorece la retención de semillas. Como consecuencia del establecimiento que se logra de la vegetación, se favorece el aporte de nutrientes al suelo, lo que ejerce un impacto positivo sobre otros factores ambientales tales como el suelo y la flora del lugar.

La siembra de *Elymus* tiene un impacto negativo poco significativo sobre la flora nativa, ya que no es una especie autóctona. Sin embargo su amplia utilización en Patagonia para la estabilización de áreas medanosas desde la década del 70, la ha convertido en una especie naturalizada de gran importancia ambiental.

2.-Problemática n° 2 (Pileta).

2.1.-Relevamiento edáfico y ambiental

El hidrocarburo está presente en dos capas: una de 5 cm de espesor, en la superficie, prácticamente líquido, y otra de 47-57 cm de profundidad, en estado semisolidificado indicando que es de más antigua data que la anterior (**Cuadro N° 9**). En total en la pileta hay 245 m³ de hidrocarburos presentes. Entre las dos capas de petróleo hay 43 cm. de lodos contaminadas con

hidrocarburos (185 m^3), conformado por dos capas, una relativamente reciente de 35 cm de espesor, con alto contenido de petróleo (11,3 %) y otra cuyo vuelco ha sido muy anterior, de 7 cm de espesor y con vestigios de hidrocarburos (0,3 %) (**Cuadro N° 9**).

Ninguna de las capas del material contenido en la pileta contiene sulfuros (**Cuadro N° 9**) ni PAH (**Cuadro N° 11**).

El material edáfico natural que conforma el piso de la pileta es arenoso, alcalino, sin un alto contenido de sales pero si de sodio intercambiable (**Cuadro N° 10**). Tampoco contiene metales pesados (**Cuadro N° 11**), a excepción de la capa 3 (7 cm de espesor de arcillas con hidrocarburos) en donde se ha encontrado 11 mg/litro de Bario en el lixiviado pero que está muy por debajo del valor límite aceptado (100 mg/litro). No contiene BTEX (**Cuadro N° 12**) pero en lo que respecta a los PAH se ha encontrado 0,21 $\mu\text{g/litro}$ de Fenantreno en la capa superior de petróleo y 0,44 $\mu\text{g/litro}$ de Acenafteno. El nivel de Fenantreno se halla por debajo del límite permitido pero en el Acenafteno duplica el valor del límite establecido.

2.2.-Recomendaciones de manejo para tratar el pasivo:

Retirar todo el contenido de la pileta (capa superficial de petróleo, capas de lodos e hidrocarburos restantes) y acondicionarlas para su disposición final. No se sugiere el tratamiento *in situ* debido a la profundidad del material a tratar (50 –60 cm) ya que cualquier tipo de laboreo se realiza hasta los 30-35 cm. Además, el sitio presenta problemas de accesibilidad y se ha detectado la presencia de Acenafteno (hidrocarburo aromático polinuclear), por arriba de los valores límites permitidos por la legislación.

Una vez vaciada la pileta se sugiere mitigar la presencia de ésta mediante el concepto de reinserción al paisaje: roturado manual del piso de la pileta, rebaje de los bordes y revegetación con el mismo tipo de especies presentes en el área.

2.3.-Evaluación del impacto ambiental mediante matrices

De la matriz (**Cuadro 14**) se puede deducir que los impactos negativos más significativos ocurre sobre el paisaje, el suelo, y la flora, especialmente en la acumulación de petróleo líquido en las capas superficiales con presencia de metales pesados (aunque por debajo del límite establecido) y PAH como fenantreno (0.21 $\mu\text{g / l}$) y acenafteno (0.44 $\mu\text{g/l}$) por sobre los límites establecidos considerados como indicadores de toxicidad (**Cuadro n° 12**)

También es importante destacar que la acumulación de lodos contaminados con hidrocarburos causa un impacto muy significativo sobre la flora y el suelo debido al efecto que tiene este hidrocarburo sobre el suelo como procesos de salinización, toxicidad sobre los microorganismos y mortandad de la vegetación por efectos fitotóxicos.

En cuanto a las acciones de mitigación los impactos positivos significativos se dan principalmente sobre el suelo y la fauna ya que son los factores ambientales más impactados, y como consecuencia también favorecen a la estructura paisajística, ya que estas acciones de mitigación tienden a integrar los sitios afectados al paisaje natural del lugar.

3.-Problemática n° 3 (afloramientos y montículos de petróleo).

3.1.-Relevamiento de suelos

Se evaluaron 5 de los 14 montículos (**Cuadro15**), que representaban las diferentes situaciones encontradas. El muestreo en cada montículo se hizo separando suelo contaminado con hidrocarburos por un lado (**Muestras 2, 4 y 7 en Cuadro 16**) y los terrones endurecidos de petróleo por otro (**Muestras 3, 5, 6 y 8 en Cuadro 16**). También se muestreó el suelo de la depresión donde inicialmente se acumuló todo el suelo contaminado con petróleo antes de redistribuirlo en los montículos, con el objetivo de determinar si hubo contaminación por lixiviación o mezclado (**Muestra 9 en Cuadro 15**).

- a) El contenido de Hidrocarburos (**Cuadro n° 17**) es sensiblemente mayor en el suelo muestreado, 16 %, que en los terrones o cascotes endurecidos, 3,9 %, conformados fundamentalmente por granza y asfalto muy endurecido (petróleo ya muy degradado). El material existente en los montículos sean cascotes o suelo mezclado con petróleo, según los niveles establecidos en la legislación vigente (Decreto provincial n° 3316/04), conforma un “residuo petrolero” ya que supera el 2 % del contenido mínimo en suelo.
- b) Solamente se detectó actividad degradatoria (*Coefficientes Pristano/nC17 y Fitano/nC18*) en las muestras de suelo de los montículos 1 y 5. En las restantes no había actividad microbiana degradatoria “actual” (**Cuadro n° 17**). Tampoco se encontró degradación en los terrones ya que por su naturaleza están conformados por hidrocarburos asfálticos (no se degradan y no contienen humedad ni aire por estar muy compactados).

Ninguna muestra contiene xileno, típico componente aromático (**Cuadro n° 18**).

El contenido de metales pesados se halla por debajo del nivel límite en todos los casos (**Cuadro n° 18**).

- c) En lo que hace a los PAH's, se ha analizado el material (suelo e hidrocarburo presente en los montículos), expresando el resultado en mg/Kg. Ninguno de los PAH's mencionados en el decreto n° 831/93 se halla por encima del límite admisible (**Cuadro n°19**).

3.2.-Recomendaciones de manejo para tratar el pasivo:

Como medida para paliar el efecto que produjo la extracción del petróleo y en parte de la vegetación, se sugiere:

- a) En el período otoño-invernal, época en que el petróleo se halla solidificado retirar en forma manual la capa superficial del derrame reciente.
- b) Retirar del sitio para su tratamiento y disposición final todo el suelo empetrolado de los montículos, siendo considerado un “residuo petrolero” ya que todas las muestras excedieron el 2 % que menciona la legislación vigente. No es práctico someterlo a biodegradación para disminuir el contenido de petróleo porque todo el material se halla concentrado en 20 sitios (que cubren unos 600 m²) y para poner en práctica la biodegradación habría que redistribuirlo en todo el sitio (son aproximadamente 390 m³ distribuidos en una superficie total de 600 m² o sea equivalente a un área de 20 m x 30 mt) lo que implicaría contaminar la mayor parte del área, que actualmente se halla prístina. Recordemos que prácticamente todo el material concentrado en los montículos proviene de la captación del petróleo en depresiones y no de una distribución generalizada de toda el área.
- c) Retirar todas las cañerías abandonadas del viejo oleoducto y demás material o chatarra hallado en el sitio.
- d) Emparejar los sectores con montículos de suelo de relleno (sin petróleo), calcáreo y con abundantes gravas para luego proceder a su surcado mediante escarificadores para permitir su revegetación.
- e) Laborear el suelo (cincelar) y posteriormente surcar, en espiral, y revegetar la depresión donde originalmente se acumuló el petróleo.
- f) Escarificar la locación que se encuentra en el sitio, de acuerdo a las normas de procedimiento de la empresa, a fin de favorecer el repoblamiento vegetal natural.

Luego de realizar estos trabajos, y en el caso de no establecerse vegetación de manera natural, se recomienda la plantación con especies arbustivas autóctonas.

3.3.-Evaluación del impacto ambiental mediante matrices (Cuadro 20**).**

Los impactos negativos de mayor importancia se dan en el derrame de petróleo reciente que impacta en mayor medida sobre el suelo y la flora como así también afecta el paisaje, también la realización de montículos de suelos empetrolados con presencia de barro y terrones de petróleo endurecido impacta muy significativamente los factores paisaje, geología y geomorfología, suelo y flora especialmente en los componentes suelo y flora ya que se extrajo las capas superficiales de suelo y se decapitó también la flora nativa.

En cuanto a las acciones de mitigación los impactos positivos son muy significativos ya que además de accionar sobre el suelo (impidiendo la erosión y eliminando la contaminación) y la flora nativa (realizando surcos que facilitan la fijación de semillas y revegetando las zonas decapitadas) intentan integrar el sitio afectado al paisaje natural del lugar

Conclusiones

Se desarrolló una **Propuesta de Gestión Ambiental** de pasivos de antigua data aún no remediados. La misma comprende una *primera parte* donde se caracteriza el área involucrada, los principales impactos de la actividad, la problemática observada en cada uno de los sitios, y el marco legal de referencia que rige la gestión ambiental de la actividad petrolera en el país y la provincia. En la *segunda parte*, se reseña la metodología implementada para el relevamiento de campo en la cual se realizaron observaciones y mediciones sobre distintos aspectos del suelo y la vegetación, como también los criterios utilizados para el análisis que incluye una evaluación de impacto mediante matrices, relacionando el ambiente con las acciones de impacto y las de mitigación. La *tercera parte* reseña los resultados obtenidos y la propuesta de mitigación y recuperación para cada uno de los sitios.

Figuras

1.- Problemática n° 1

Cuadro n° 1. Características de las capas de suelo y contaminantes que integran el perfil de cada pileta, ubicación y superficie, en las piletas de la locación.

Pileta n°	Capa	Profundidad (cm)	Naturaleza del material	SUPERFICIE (m2)
1	I	0-2,5	Petróleo	57,2
	II	2,5-22	Arena y escaso petróleo	
	III	22-54	Petróleo muy solidificado	
	IV	54-75	Arena estructurada	
2	I	0-22	Lodo seco	60,6
	II	22-60	Suelo arenoso	
3	I	0-60	Suelo arcilloso mezclado con hidrocarburos	60,0
	II	60-95	Suelo arenoso franco estructurado, sin remover	
4	I	0-22	Hidrocarburo y algo de suelo	79,2
	II	22-28	Suelo arcilloso (relleno)	
	III	28-36	Hidrocarburo	
	IV	36-80	Suelo areno arcilloso sin estructurar	
5	I	0-12	Suelo e hidrocarburo seco muy molido	45,0
	II	12-50	Suelo e hidrocarburo en terrones grandes	
	III	50-86	Suelo arcillo limoso sin disturbar	
6	I	0-40	Hidrocarburo de muy alta densidad, endurecido, con muy escaso suelo	81,8
	II	40-80	Suelo arcilloso con agregados en láminas	
7	I	0-20	Hidrocarburo y suelo muy removido	90,0
	II	20-29	Hidrocarburo y suelo calcáreo	
	III	29-46	Hidrocarburo y lodos	
	IV	46-58	Hidrocarburo muy denso y endurecido	
	V	58-70	Lodo y algo de hidrocarburo	
	VI	70-100	Suelo natural, arcillas bentoníticas	

SUPERFICIE CUBIERTA POR LAS PILETAS = 473 M2

Cuadro n° 2. Propiedades químicas (pH, salinidad y Sodicidad) de las diferentes capas de suelo superficial y subsuperficial en las piletas.

Profund (cm)	Lugar	Naturaleza	pH (1:2,5)	Salinidad (mmhos/cm)	P.S.I.
Pileta n° 1					
0-22	I + II	Suelo	8,5	1,4	4,3
54-75	IV	Ar fr estructurado	8,3	2,2	15,3
0-30	I	Area intangible	8,7	0,60	0,93
----	-----	Mezcla de suelo superficial e HC de la piqueta	8,5	1,2	13,7
Pileta n° 2					
0-22	I	Lodo seco	9,0	2,1	2,4
22-60	II	Suelo arenoso	8,3	4,6	0,2
Pileta n° 6					
40-80	II	Arcillas antiguas laminares	9,1	1,1	7,3
Pileta n° 7					
70-100	VI	Suelo arcilloso	8,6	4,3	46,7

Cuadro n° 3. Propiedades físicas de las diferentes capas de suelo superficial y subsuperficial en las piletas.

Profundidad (cm)	Lugar	Naturaleza	Permeabilidad	Textura
Pileta n° 1				
0-22	I + II	Suelo	Muy rápida	Ar
54-75	IV	Ar fr estructurado	Moderadam rápida	Ar
0-30	I	Area intangible	Muy rápida	Fr Ar
----	-----	Mezcla de suelo superficial e HC de la piqueta	Moderadam rápida	Ar
Pileta n° 2				
0-22	I	Lodo seco	Restringida	Arc
22-60	II	Suelo arenoso	Muy rápida	Ar
Pileta n° 6				
7	II	Arcillas antiguas laminares	Moderadam rápida	Arcilloso
Pileta n° 7				
8	VI	Suelo arcilloso	Moderadam rápida	Arcilloso

Cuadro n° 4. Contenido de Hidrocarburos y Sulfuros en las piletas de la locación

Pileta	Capas	Hidrocarburos (%PP)	Sulfuros totales (mg/Kg)
1	I+II	23,1 (*)	< 50
	III	22,8 (*)	< 50
2	I	1,8	< 50
	II	< 0,03	< 50
6	I	2,1	< 50
7	I + II	1,2	< 50
	III	1,7	< 50
	IV	2,2	< 50
	V	0,9	< 50

(*) =Según el decreto provincial n° 3316 será considerado “residuo petrolero” todo suelo afectado con un contenido de hidrocarburos **mayor a 2 % sobre masa seca**.

El valor límite de Sulfuros totales según decreto 831/93 anexo II (Decreto reglamentario de la **ley Nacional n° 24.051** sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los suelos y a la cual se halla adherida la Pcia de Santa Cruz mediante la **Ley provincial n° 2.567** a través del **decreto n° 712/02**) es de **500 mg/Kg**.

Cuadro n° 5. Metales pesados (mg/litro) sobre muestra de lixiviado en las piletas.

Pileta	Capas	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo
1	I+II	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
	III	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
2	I	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
	II	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
6	I	< 0,05	<2	<0,02	0,03	<0,05	<0,01	<0,1
7	I + II	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
	III	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
	IV	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
	V	< 0,05	<2	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1

Valores límite según decreto 831/93 anexo VI (Decreto reglamentario de la ley n° nacional 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los barros) y por el decreto provincial n° 3316, ampliatorio de la ley provincial n° 2.567: Arsénico = 1 mg/litro Bario = 100 mg/litro Cadmio = 0,5 mg/litro Cobre = 1 mg/litro Mercurio = 0,1 mg/litro Plomo = 1 mg/litro

Cuadro n° 6. PAH's lixiviado, µg/litro, sobre muestra de lixiviado en las piletas.

Pileta	Capas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	I+II	<0,04															
	III	<0,04															
2	I	<0,04															
	II	<0,04															
6	I	<0,04															
7	I + II	<0,04															
	III	<0,04															
	IV	<0,04															
	V	0,09	<0,04														

Referencias: 1= Fenantreno; 2= Antraceno; 3= Pireno; 4= Benzo(a)Antraceno; 5= Criseno; 6= Benzo(b)Fluoranteno; 7= Benzo(k)Fluoranteno; 8= Benzo(a)Pireno; 9= DiBenzo(a)(h)Antraceno; 10= Benzo(g)(h)(i)Perileno; 11= Naftaleno; 12= Acenaftileno; 13= Acenafteno; 14= Fluoreno; 15= Fluoranteno; 16= Indenoi(1,2,3-cd)pireno.

Valores de límite según decreto 831/93 anexo IV (Decreto reglamentario de la ley n° 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los barros) y por el decreto provincial n° 3316, ampliatorio de la ley provincial n° 2.567 y refrendado por el decreto n° 3.827 = **0,28 µg/litro**.

Cuadro n° 7. BTEX totales, mg/Kg en suelo sobre muestras de las piletas.

Pileta	Capas	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	M/p-Xileno	o-Xileno
1	I+II	<0,05				
	III	<0,05				
2	I	<0,05				
	II	<0,05				
6	I	<0,05				
7	I + II	<0,05				
	III	<0,05				
	IV	<0,05				
	V	<0,05				

Valor límite según decreto 831/93 Anexo II Tabla 9 (Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos suelos y a la cual se halla adherida la Pcia de Santa Cruz mediante la Ley n° 2.567).

Niveles guía de calidad de suelos para "uso industrial": Benceno= 5 mgr/Kg Tolueno= 30 mgr/Kg Etilbenceno, M/p-Xileno y o-Xileno = 50 mgr/Kg

Cuadro n° 8. Matriz principal de Leopold en la problemática n° 1

		Factores Ambientales					
		Paisaje	Geología y Geomorfol.	Suelo	Flora	Fauna	Act. Socioec.
Problemática	Tránsito de maquinarias tipo oruga	-0.37	-0.22	-0.34	-0.56	-0.20	0.22
	Remoción de suelos	-0.45	-0.36	-0.67	-0.50	-0.22	0.22
	Apertura de senderos de tránsito entre piletas	-0.56	-0.32	-0.61	-0.56	-0.22	0.22
	Abandono de residuos sólidos (chatarra)	-0.63	0.00	0.00	-0.21	-0.22	0.22
	Decapitación y extracción de capas de suelo en piletas y áreas adyacentes	-0.46	-0.32	-0.56	-0.54	-0.22	0.22
	Decapitación y extracción de capas de suelo superf en senderos de tránsito	-0.53	-0.32	-0.64	-0.62	-0.22	0.22
Acciones de mitigación	Presencia en sup en el área adyacente a las piletas, de lodos extraídos del fondo	-0.49	-0.22	-0.52	-0.56	-0.22	0.22
	Trazado de surcos	0.41	0.18	0.41	0.32	-0.22	0.22
	Clausurar, roturar y sembrar los senderos	0.59	0.08	0.45	0.58	0.39	0.22
	Revegetar las piletas	0.61	0.08	0.45	0.58	0.39	0.22
	Siembra de Elymus	0.17	0.22	0.21	-0.36	0.22	0.22

2.- Problemática n° 2 (Pileta).

Cuadro n° 9. Naturaleza del material, Hidrocarburos totales (%pp) y Sulfuros (mg/Kg).

Capa	Profundidad (cm)	Naturaleza	Hidrocarburo (%pp)	Sulfuros (mg/k)
I	0-4	HIDROCARBURO MUY FRESCO	25,8	<50
II	4-40	LODO MUY HÚMEDO	11,3	<50
III	40-47	ARCILLAS CON HIDROCARBURO	0,28	<50
IV	47-57	HIDROCARBURO EN ESTADO SEMISOLIDIFICADO	19,5	<50
V	57-84	MATERIAL ORIGINARIO, ARENO LIMOSO Y GRAVAS	-----	-----

El valor límite de Sulfuros totales según decreto 831/93 anexo II (Decreto reglamentario de la ley Nacional n° 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los suelos y a la cual se halla adherida la Pcia de Santa Cruz mediante la Ley provincial n° 2.567 a través del decreto n° 712/02) es de 500 mgr/Kg.

Cuadro n° 10. Propiedades físicas y químicas edáficas del material .

Capa	Prof (cm)	Textura	Permeabilidad	pH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
V	57-84	Arenosa	Muy rápida	8,6	1,7	23,5

Cuadro n° 11. Metales pesados (mg/litro) en el lixiviado del material hidrocarburífero y edáfico.

Capa	Prof (cm)	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo
I	0-4	<0,05	<2,0	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
II	4-40	<0,05	<2,0	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
III	40-47	<0,05	11,1	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
IV	47-57	<0,05	<2,0	<0,02	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1
V	57-84	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Valores de límite según decreto 831/93 anexo VI (Decreto reglamentario de la ley n° nacional 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los barros) y por el decreto provincial n° 3316, ampliatorio de la ley provincial n° 2.567:

Arsénico = 1 mg/litro Bario = 100 mg/litro Cadmio = 0,5 mg/litro

Cobre = 1 mg/litro Mercurio = 0,1 mg/litro Plomo = 1 mg/litro

Cuadro n° 12. PAH's lixiviados (Hidrocarburos aromáticos polinucleares), ugr/litro en el lixiviado del material hidrocarburífero y edáfico.

Capas	Prof (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	0-4	0,21	<0,04														
II	4-40	<0,04															
III	40-47	<0,04												0,44	<0,04		
IV	47-57	<0,04															
V	57-84	-----															

Referencias: 1= Fenantreno; 2= Antraceno; 3= Pireno; 4= Benzo(a)Antraceno; 5= Criseno; 6= Benzo(b)Fluoranteno; 7= Benzo(k)Fluoranteno; 8= Benzo(a)Pireno; 9= DiBenzo(a)(h)Antraceno; 10= Benzo(g)(h)(i)Perileno; 11= Naftaleno; 12= Acenaftileno; 13= Acenafteno; 14= Fluoreno; 15= Fluoranteno; 16= Indenoi(1,2,3-cd)pireno.

λ**Valores de límite** según decreto 831/93 anexo IV (Decreto reglamentario de la ley n° 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los barros) y por el decreto provincial n° 3316, ampliatorio de la ley provincial n° 2.567 y refrendado por el decreto n° 3.827 = **0,28 ug/litro**.

Cuadro n° 13. BTEX totales (Hidrocarburos aromáticos simples), mg/Kg.

Capa	Prof (cm)	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	M/p-Xileno	o-Xileno
I	0-4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
II	4-40	0,37	<0,05	<0,05	0,09	<0,05
III	40-47	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
IV	47-57	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
V	57-84	---	-----	----	----	----

Valor límite según decreto 831/93 Anexo II Tabla 9 (Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos suelos y a la cual se halla adherida la Pcia de Santa Cruz mediante la Ley n° 2.567).

Niveles guía de calidad de suelos para "uso industrial": Benceno= 5 mgr/Kg Tolueno= 30 mgr/Kg Etilbenceno, M/p-Xileno y o-Xileno = 50 mgr/Kg

Cuadro n° 14. Matriz de Leopold en la Locación Problemática n° 2

		Factores Ambientales					
		Paisaje	Geología y Geom.	Suelo	Flora	Fauna	Act. Socioec.
Problemática	Construcción de una pileta para barros de inyección	-0.79	-0.51	-0.63	-0.71	-0.22	-0.27
	Acumulación de petróleo líquido en capa superior de 5 cm con pesencia de PAH por arriba de valores límites	-0.75	-0.25	-0.66	-0.77	-0.76	-0.27
	Acumulación de lodos contaminados en capa intermedia sup de 35 cm con 11.3% de HC	-0.57	-0.25	-0.61	-0.65	-0.22	-0.27
	Acumulación de lodos contaminados en capa intermedia inferior de 7 cm con 0,3% de HC y Bario.	-0.54	-0.25	-0.59	-0.63	-0.22	-0.27
	Acumulación de HC semisólido a 0,50 m de prof.	-0.54	-0.25	-0.59	-0.59	-0.22	-0.27
	Retirar en forma manual la capa sup durante la estación fría	0.45	0.25	0.50	0.50	0.22	0.27
Acciones de mitigación	Retirar capas restantes	0.42	0.25	0.50	0.50	0.22	0.27
	Roturado manual del piso de la pileta	0.43	0.25	0.46	0.53	0.22	0.27
	Rebaje de los bordes	0.33	0.35	0.46	0.53	0.22	0.27
	Revegetación con sps presentes en la zona	0.48	0.25	0.42	0.52	0.22	0.27

3.- Problemática n° 3 (afloramientos y montículos de petróleo).

Cuadro n° 15. Superficie, volumen y ubicación de los montículos de suelo empetrolado.

Montículo	Largo x Ancho (m)	Altura (m)	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Montículos a 200 mt de la locación				
1	12 x 9,4	1,5	112,8	169,2
2	5 x 5,8	1,4	29,0	40,6
3	6 x 3,8	0,60	22,8	13,7
4	12,3 x 9,5	0,70	116,8	81,8
5	6,5 x 5,6	0,60	36,4	21,8
	2,4 x 5,6	0,60	13,4	8,1
	2,4 x 3	0,70	7,2	5,0
6	10,7 x 4	0,60	42,8	25,7
7	4 x 9	0,50	36	18,0
8	3 x 5	0,90	15	13,5
9	4,4 x 5	0,60	22,0	13,2
10	5 x 7,2	0,55	36,0	19,8
11	5,9 x 6,2	1,1	36,6	40,2
12	2,8 x 2,2	0,60	6,2	3,7
13	3 x 1,5	0,60	4,5	2,7
14	6,5 x 5,6	0,60	36,4	21,8
Subtotal	---	---	566,8	375,4
Montículos adyacentes a la locación				
15	3,4 x 3,2	0,50	10,9	5,4
16	1,8 x 1,9	0,40	3,4	1,4
17	1,4 x 1,2	0,35	1,7	0,6
18	1,8 x 1	0,30	1,8	0,5
19	2 x 3,5	0,40	7	2,8
20	2 x 3,4	0,40	6,8	2,7
Subtotal	-----	-----	31,6	13,4
TOTAL	-----	-----	598,4	388,8

Cuadro n° 16. Tipo de material muestreado en cada montículo que constituye el pasivo ambiental.

Muestra n°	Sitio (Montículo)	Tipo de material muestreado
1	1	Terrones de HC y suelo empetrolado
2	2	Tierra empetrolada
3	3	Terrones
4	3	Tierra empetrolada
5	4	Terrones
6	4	Suelo
7	5	Tierra empetrolada
8	5	Terrones
9	Suelo del fondo de la depresión donde se acumuló el HC durante el derrame que luego sacaron y depositaron en los montículos	

Cuadro n° 17. Determinación de Hidrocarburos (en % sobre base seca), Sulfuros, y coeficientes de biodegradación (Pristano/Carbono 16 y Fitano/Carbono 18), en el material contaminado con petróleo.

Muestra n°	Montículo n°	Naturaleza	HTP (%)	Sulfuros (mg/k)	Pr/nC17	F/nC18
1	1	Suelo	12,7	3,5	17,7	37,3
2	2	Suelo	6,4	3,7	No se detecta	
3	3	Terrones	2,9	5,4	No se detecta	
4		Suelo	12,3	4,1	No se detecta	
5	4	Terrones	6,2	6,2	No se detecta	
6		Suelo	17,9	6,2	No se detecta	
7	5	Terrones	2,5	2,5	No se detecta	
8		Suelo	29,6	2,8	18,2	27,6
9	depresión	Suelo	2,5	3,0	---	---

Según el decreto provincial n° 3316 será considerado “residuo petrolero” todo suelo afectado con un contenido de hidrocarburos **mayor a 2 %** sobre masa seca, lo que implica que todas las muestras analizadas son residuos y por lo tanto deberán ser extraídos o tratados.

El valor límite de Sulfuros totales según decreto 831/93 anexo II (Decreto reglamentario de la **ley Nacional n° 24.051** sobre régimen de desechos peligrosos, límites establecidos para los parámetros químicos de los suelos y a la cual se halla adherida la Pcia de Santa Cruz mediante la **Ley provincial n° 2.567** a través del **decreto n° 712/02**) es de **500 mg/Kg**.

Cuadro n° 18. Determinación de Xileno (Hidrocarburo aromático) y metales pesados en el material contaminado.

Muestra n°	Montículo n°	Xileno	Arsénico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Mercurio	Plomo
		mg/kg suelo seco							
1	1	< 0,01	0,53	4,8	<1	7,1	<10	0,02	12,8
2	2	< 0,01	0,67	6,9	<1	8,3	<10	0,03	18,2
3	3	-----	0,55	7,5	12,2	9,0	<10	0,03	18,0
4	3	<0,01	0,92	9,7	1,1	7,5	<10	0,04	12,0
5	4	-----	0,88	12,1	<1	10,5	<10	0,05	16,3
6	4	<0,01	0,41	8,9	<1	7,8	<10	0,05	12,8
7	5	---	0,09	2,8	<1	9,3	<10	0,01	11,0
8	5	<0,01	0,27	8,5	<1	9,0	<10	0,02	22,5
9	Depresión	---	1,02	13,2	<1	10,3	<10	0,06	19,2

Valores de límite (mg/K) según decreto 831/93 anexo II, Tabla 9, Suelos uso industrial

(Decreto reglamentario de la ley n° 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos): Xileno= 50, Arsénico = 50, Bario = 2.000, Cadmio = 20, Cobre = 500, Cromo= 800, Mercurio = 20, Plomo = 1.000.

Cuadro n° 19. Determinación de PAH´s (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. En mg/kg seco) en el material contaminado con petróleo.

Determinación	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4	Muestra 6	Muestra 8
Naftaleno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Acenaftileno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Acenafteno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Fluoreno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.5
Fenantreno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1.0
Antraceno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Fluoranteno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Pireno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	1.1	< 0.5	3.7
Benzo[a]antraceno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Criseno	0.5 mg/kg seco	14.3	2.1	4.8	< 0.5	13.0
Benzo[b]fluoranteno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Benzo[k]fluoranteno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Benzo[a]pireno	0.5 mg/kg seco	8.3	1.9	3.7	2.1	9.6
Dibenzo[a,h]antraceno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	1.0	0.7	2.3
Benzo[g,h,i]perileno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0.5 mg/kg seco	< 0.5	< 0.5	1.6	2.2	2.6

SUMATORIA	mg/kg seco	22,6	4,0	10,6	5,0	32,2
-----------	------------	------	-----	------	-----	------

Valores de límite (mg/K) para algunos PAH's (*) según decreto 831/93 anexo II, Tabla 9, Suelos uso industrial (Decreto reglamentario de la ley n° 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos): Naftaleno= 50, Fenantreno = 50, Pireno = 100, Benzo (b) fluoranteno = 10, Benzo (k) fluoranteno = 10, Benzo (a) pireno= 10, Benzo (a) antraceno = 10, Dibenzo (ah) antraceno = 10, Indeno[1,2,3-cd]pireno = 10.

Cuadro n° 20. Matriz principal de Leopold en Oproblemática n° 3.

		Factores Ambientales						
		Paisaje	Geología y Geom.	Suelo	Flora	Fauna	Act. Socioec.	Salud humana
Problemática	Construcción de una pileta para barros de inyección	-0.79	-0.51	-0.63	-0.71	-0.22	-0.27	
	Acumulación de petróleo líquido en capa superior de 5 cm con pesencia de PAH por arriba de valores límites	-0.75	-0.25	-0.66	-0.77	-0.76	-0.27	-0.85
	Acumulación de lodos contaminados en capa intermedia sup de 35 cm con 11.3% de HC	-0.57	-0.25	-0.61	-0.65	-0.22	-0.27	
	Acumulación de lodos contaminados en capa intermedia inferior de 7 cm con 0,3% de HC y Bario.	-0.54	-0.25	-0.59	-0.63	-0.22	-0.27	
	Acumulación de HC semisólido a 0,50 m de prof.	-0.54	-0.25	-0.59	-0.59	-0.22	-0.27	
	Retirar en forma manual la capa sup durante la estación fría	0.45	0.25	0.50	0.50	0.22	0.27	
Acciones de mitigación	Retirar capas restantes	0.42	0.25	0.50	0.50	0.22	0.27	
	Roturado manual del piso de la pileta	0.43	0.25	0.46	0.53	0.22	0.27	
	Rebaje de los bordes	0.33	0.35	0.46	0.53	0.22	0.27	
	Revegetación con sps presentes en la zona	0.48	0.25	0.42	0.52	0.22	0.27	

Bibliografía

- ✓ Buol, S., Hole, F y Mc Cracken, R. 1986. Génesis y Clasificación de Suelos. Edit Trillas. México. 379 p.
- ✓ Conesa Fernández-Vítora, Vicente. "Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1997. 3ª edición
- ✓ Del Valle, F. 1995. *Sistemas Fisiográficos de un Sector de la Cuenca Petrolífera del Golfo San Jorge (Chubut-Santa Cruz)*. Cenpat-Conicet. 58 p. Puerto Madryn (Pcia del Chubut).
- ✓ Espinosa, G. 2001. *Fundamentos de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 177 p. Santiago de Chile.
- ✓ Gómez Orea, Domingo. "Evaluación del Impacto Ambiental". Ed. Mundi--Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid. 1999. 1ª edición.
- ✓ Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 1995. Evaluación del desempeño ambiental.
- ✓ León, R. y colab. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8: 125 – 144.
- ✓ Luque, J. 1995. *Metodología de muestreo de suelos y aguas para su análisis*. Publicación de difusión del Laboratorio de Análisis Agronómicos. E.E.A. INTA Chubut.
- ✓ Luque, J. 2001. *El impacto ambiental de la actividad petrolera en la Patagonia, con énfasis en la cuenca del Golfo San Jorge y su remediación*. V Congreso Latinoamericano de ecología. 15 al 19 de Octubre del 2001. San Salvador de Jujuy.
- ✓ Luque, J.; M. E. Amari; V. Nakamatsu y N. Ciano. 1996. *Utilización de nutrientes en la biodegradación de suelos contaminados con hidrocarburos*.
- ✓ Luque, J. y M. E. Amari. 1997. "Conozcamos nuestros suelos", para promotores y productores del proyecto Cambio Rural en la provincia del Chubut. Estación Experimental Agropecuaria INTA Chubut.

- ✓ Luque, J.; Ciano, N.; Nakamatsu, V.; Amari, M.E. y Lisoni, C. 2.000. *Saneamiento de derrames de hidrocarburos por la técnica de biodegradación "in situ" en Patagonia, Argentina*. Actas de la 11^o Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo. Buenos Aires. 22 al 27 de Octubre del 2.000. Pág 188
- ✓ Luque, J.; V. Nakamatsu y N. Ciano. 1996. *Uso de maquinarias agrícolas en la recuperación de suelos afectados por derrames de petróleo*. II^{as} Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria Petrolera. Organizado por el IAPG. p. 449-462. San Martín de los Andes (Neuquén).
- ✓ Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. J. Wiley & Sons (Eds) Canadá. 547 pp.
- ✓ Ornazabal, C. Alfonso, P., Glade, C. "Manual para la elaboración de estudios de impacto ambiental" Guia Práctica
- ✓ Pahn, C. 2004. *Auditorías, Normatización y Sistemas de Gestión Ambiental*. Universidad Maimónides. Buenos Aires.
- ✓ Universidad Austral. 2003. *Programa de Formación Ambiental Módulo 2*. 2003.