

USO DE MAQUINARIAS AGRICOLAS EN LA RECUPERACION DE SUELOS AFECTADOS POR DERRAMES DE PETROLEO

Ing. Agr. Jorge Luque (1), Ing. Agr. Viviana Nakamatsu (1), Ing. Agr. Nicolás Ciano (1), Ing. Carlos Mario Lisoni (2), Ing. José María Quinteros (2).

1. Técnicos INTA Chubut.

2. Técnicos YPF S.A.

ABSTRACT

USO DE MAQUINARIAS AGRICOLAS EN LA RECUPERACION DE SUELOS AFECTADOS POR DERRAMES DE PETROLEO

El petróleo derramado en campos naturales de la Patagonia produce un importante deterioro en el medio ambiente, por lo que es necesario tomar medidas con el objeto de reducir el impacto en el ecosistema.

Entre YPF S.A. y el I.N.T.A. se han acordado estudios de remediación con el propósito de alcanzar por medio de laboreos conservacionistas, la evaporación de los elementos livianos produciendo la bioremediación de los mismos, logrando de esa manera la reproducción natural de las plantas.

Para el logro de éstos objetivos se han utilizado diferentes tipos de maquinarias agrícolas, a saber: subsolador, escarificador, cincel y rastra de discos.

Palabras claves: petróleo, laboreos, cincel, remediación

INTRODUCCIÓN

Los derrames de petróleo en campos naturales de uso ganadero producen una alteración sobre el ambiente (Luque et al, 1994; Molina et al, 1994), a través a) del empetrolamiento de la cubierta vegetal, con efectos fitotóxicos sobre la vegetación; b) Empetrolamiento de la capa superficial del suelo con procesos de salinización y de toxicidad sobre los microorganismos del suelo; c) Daño sobre la fauna nativa menor y el ganado; d) Inutilización del área para el pastoreo.

La ley 17.319 contempla en el artículo 69 el cuidado de los suelos y agua dulce. En función de ello, la Secretaría de Energía, elaboró las normas y procedimientos para tal fin, basados en la guía de recomendaciones preparada por el IAP para proteger el ambiente natural durante el desarrollo de la exploración y explotación de los hidrocarburos en la Resolución S.E. N° 105: "Normas y Procedimientos que regulan la protección ambiental durante las operaciones de Exploración y Explotación de Hidrocarburos". Dicha Resolución especifica en el punto 4 de Etapa de desarrollo y producción en las Modalidades Operativas para las líneas de conducción lo siguiente: 1) Cuando se produzcan derrames de petróleo de poco volumen, se debe a) mezclar el derramado con suelos agrícolas para provocar su biodegradación; b) directamente laboreo agrícola con agregado de nitratos; c) mezclarlos con gravilla para el asfaltado

de caminos internos del yacimiento. En las modalidades operativas para los oleoductos de interconexión de batería a planta de tratamiento, se especifica lo siguiente: En los casos en que se produzca derrame, el mismo deberá ser circunscripto de inmediato al área de falla del oleoducto y procederá su limpieza por los procedimientos indicados anteriormente.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco de un convenio entre YPF S.A. e INTA rubricado en 1993, se trabaja en la recuperación de suelos afectados por derrames de petróleo, debidos fundamentalmente a roturas accidentales de oleoductos, en la cuenca petrolífera del Golfo San Jorge (Comodoro Rivadavia y norte de la Pcia. de Santa Cruz). Esta área (LS 45° 47' -67° 30') es uno de los principales centros petroleros del país. La región posee un régimen de lluvias de 180-200 mm anuales, y estas escasas precipitaciones dan origen a una estepa arbustiva árida y gramínea desértica de extrema fragilidad. Se realizaron los tratamientos de recuperación tanto en áreas de meseta (Aeropuerto de Comodoro Rivadavia y Yacimiento Escalante) como en mallines ó valles húmedos (El Trébol en Chubut y Cañadón Seco y, El Zorro en Santa Cruz).

El hombre, a descubierto, en el transcurso de los siglos, que aplicando una serie de métodos puede conseguir transformar las condiciones de suelo y adaptarlo para que en él crezcan las diversas especies vegetales. De estas técnicas agrícolas, una de las principales es la que se conoce como *laboreo*, que es el conjunto de manipulaciones mecánicas del suelo con el fin de obtener las condiciones más favorables para las plantas.

Las labores tienen los siguientes efectos positivos ó benignos sobre el suelo: 1) Se aumenta la superficie del suelo expuesta a los agentes atmosféricos y se facilita su acción; 2) Se favorece el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera libre, de modo que las capas más profundas, deficientes en oxígeno pueden oxigenarse; 3) Aumenta la infiltración del agua en el suelo, se reduce el fenómeno de escorrentía, se evita que el agua se encharque en superficie y se crean reservas de agua en la parte profunda del perfil: en síntesis, se aumenta la capacidad de aprovechamiento del agua por parte de las plantas; 4) Se aumenta la capacidad de penetración de las raíces en el suelo.

Fundamentalmente existen tres tipos de herramientas de laboreo del suelo:

- a) *Volteadoras*, que mezclan las capas del suelo. Ejemplo la rastra de discos.
- b) *Cortantes*, que realizan la disgregación del suelo y el mezclado de los materiales, pero sin invertir el orden de las capas u horizontes. Ejemplo el subsolador.
- c) *Mezcladores*, que combinan ambas acciones. Ejemplo el rotocultivador.

De la elección de la herramienta adecuada para cada caso y de un correcto laboreo depende de que en el suelo no se agote rápidamente la fertilidad acumulada, y no sufra los efectos de los agentes meteorológicos de la erosión.

Las labores en función de su profundidad de trabajo se clasifican en superficiales (hasta 20 cm), medias (de 20 a 40 cm) y profundas (más de 40 cm).

La técnica de trabajar con maquinaria tipo agrícola los suelos afectados por derrames de petróleo, es conocida en las principales cuencas petrolíferas mundiales. Calebrese y Kostecky (1993) mencionan resultados positivos con la utilización de rotocultivador y rastra de discos. Jensen (1975) observó un fuerte incremento de la degradación del hidrocarburo después de haber realizado labores culturales en suelos empetrolados. Raimond et al (1976) recomiendan trabajar el suelo por lo menos 4-6 veces en el año con rotocultivador, a fin de realizar una eficiente remoción y mezclado de suelo y petróleo. Atlas (1981) obtuvo la mayor tasa de degradación donde el suelo fue fertilizado y posteriormente utilizado el rotocultivador en repetidas oportunidades.

La evaluación de los contenidos de hidrocarburos durante los tratamientos de laboreo de suelo con herramienta agrícola se realizaron en el área del Aeropuerto Comodor Rivadavia, en donde hay tres situaciones diferentes:

- a) Un derrame ocurrido en Septiembre de 1994, en el cual se comenzó a tratar el suelo empetrolado en forma inmediata ("derrame nuevo").
- b) Suelo de un derrame ocurrido en 1992 y posteriormente (decapitación) removido mediante topadoras y acumulado en piletas ("derrame viejo").
- c) Suelo contaminado con petróleo, sin remover, proveniente del derrame de 1992.

En laboratorio, se estableció mediante análisis de muestras de suelo empetrolados, la cantidad de hidrocarburos totales presentes. Para ello se puso a punto un método para determinar contenido de petróleo, denominado del Soxhlet (Dibble and Bartha, 1979). Básicamente consiste en la separación del hidrocarburo del suelo mediante la destilación con cloroformo, para luego determinar por diferencia el contenido de petróleo en suelo (%). Los muestreos, se efectuaron periódicamente en primavera y verano de 1994 y otoño de 1995.

RESULTADOS

En la región petrolífera patagónica es común que en el área donde ha ocurrido un derrame, el suelo y la vegetación disturbados sean decapitados mediante palas mecánicas ó bien rellenado el sitio con aportes de suelos (generalmente salinos y/o extremadamente pobres en fertilidad) de otras áreas (Luque et al, 1994, Molina Sánchez et al, 1995). Las consecuencias de utilizar maquinaria tipo vial son las siguientes:

- a) Decapitación de los primeros 30-40 cm del horizonte superficial: Pérdida de plantas, pérdida de simientes, baja la fertilidad, deja expuesto un horizonte duro de sodio ó calcio ó suelos geológicamente muy antiguos (Ej. regolitas y tobas), queda totalmente expuesto a la erosión hídrica y eólica.
- b) Rellenado con aporte de 20 a 60 cm de materiales inertes (Paleosuelos): El horizonte originalmente superficial, con petróleo, queda enterrado, pérdida de simientes, baja fertilidad superficial, sin cubierta vegetal, la superficie queda totalmente expuesta a la erosión hídrica y eólica, es difícil recuperar las condiciones físicas y químicas del suelo (depende del tipo de material aportado), puede haber problemas de fitotoxicidad cuando las raíces estén en contacto con el petróleo enterrado.

INTA dió inicio a la recuperación de los suelos contaminados mediante el laboreo de suelo, a fin de volatilizar los elementos livianos. En otras latitudes se trabajó usando procesos biológicos (Calebrese y Kostecky, 1993), siendo nula la información para rehabilitar campos naturales en ambientes de muy limitada precipitación pluvial e intensos vientos desecantes; la primera hipótesis fue labrar el suelo en Otoño, coincidiendo con la época de intersembras, para mezclar el petróleo con mayor cantidad de suelo con el fin de atenuar los efectos del hidrocarburo sobre la vegetación. Pero cuando llegó la estación estival, con elevados registros térmicos, los elementos livianos del petróleo remanente produjeron la muerte de las plántulas. Este primer resultado negativo indujo a la necesidad de encarar la degradación máxima posible del petróleo mediante laboreos periódicos de suelo mediante la roturación.

Previamente, inmediatamente después de producido el derrame del hidrocarburo se recuperó la mayor cantidad de petróleo mediante bombeo con camiones cisterna, confinándolo dentro de pozos ubicados en los sitios más bajos, a donde confluye naturalmente

Luego se procedió a realizar laboreos agronómicos periódicamente cada 30 días, entre Octubre y Marzo. Atlas (1981) reporta que la temperatura es el principal factor limitante para la degradación, por ello recomienda como la mejor época de laboreos culturales la estival (de Septiembre a Abril en el hemisferio Sur), porque es cuando la actividad microbiana se maximiza y por lo tanto aumenta los requerimientos de oxígeno (aireación del suelo).

La roturación se hizo con cincel, hasta una profundidad de 25-30 cm a fin de a) mezclar el petróleo remanente con el mayor volumen de suelo, b) evitar la mortandad de la avifauna silvestre (estas quedan atrapadas en las "lagunas" de petróleo cuando existe en ellas un brillo característico que asemeja a un espejo de agua; pero con este tipo de labor la superficie queda rugosa), c) dejar toda la superficie expuesta al sol y a los vientos para evaporar los componentes livianos del petróleo, d) airear el suelo empetrolado.

La tasa de degradación de hidrocarburos disminuye con el aumento de la anaerobiosis (baja el potencial de reducción del oxígeno). En condiciones anaeróbicas no hay mineralización de los hidrocarburos. Todo lo contrario sucede con la aireación del suelo, mediante periódicas labores culturales con diversas herramientas del tipo agrícolas tales como las utilizadas en las áreas de nuestro trabajo. Jensen (1975), y Calabresi y Kostecky (1993) observaron un fuerte incremento en el número de bacterias después de haber realizado labores culturales en suelos contaminados con petróleo. Chiarandini y Campolongo (1995) no obtuvieron una adecuada biodegradación al aplicar bacterias (*Pseudomona putida*) en la limpieza y tapado de piletas de tierra por falta de una adecuada oxigenación.

Los resultados alcanzados en cada una de las tres áreas evaluadas mediante muestreos, han sido los siguientes:

1.-Derrame nuevo

Los tenores de hidrocarburos iniciales, al momento del primer muestreo, antes de utilizar el cincel en la remoción, variaban desde 12,8 a 17,4 %, según las áreas

(Gráfico 1). Depende de las características de movilización del petróleo en el terreno, de su topografía y de la magnitud del derrame. Pero a medida que transcurrieron los meses, el porcentaje de hidrocarburos totales en el suelo fue disminuyendo, hasta llegar a 7,5-8 % en el otoño de 1995. En promedio la disminución respecto a los niveles iniciales osciló entre 58 y 42 %. Los tenores de hidrocarburo finales (Gráfico 1) pudo tener su origen en:

- a) El trabajo mecánico de mezcla del petróleo con el suelo mediante cincel, ya que los muestreos son a una determinada profundidad, 20 cm, mientras que las púas de la herramienta mezclan el petróleo y el suelo hasta una profundidad de 30-35 cm (llevan parte del hidrocarburo a más profundidad).
- b) Evaporación de los componentes más livianos (hidrocarburos de 5 carbonos a 14 carbonos). Este proceso está directamente relacionado con la exposición del petróleo a la atmósfera. En la medida que haya remoción mediante las labores con cincel, habrá una mayor evaporación.

2.-Derrame viejo.

El contenido inicial de hidrocarburos ha sido menor que en el sitio denominado "derrame nuevo", 9 a 11,3 % contra 13 a 19 % (Gráfico 1). Ello se debe a que han transcurrido dos años entre la contingencia y la fecha de muestreo en el área de "derrame viejo", dando tiempo a la evaporación de los componentes livianos, a la degradación natural de los componentes saturados (los más susceptibles de ser atacados por los microorganismos) y al mezclado del petróleo con el suelo en el trabajo de las topadoras. Proporcionalmente, se alcanzó un contenido de hidrocarburos algo menor a la finalización de la temporada que en el derrame nuevo (en gráfico 1, marzo 1995).

Aunque es un petróleo con un tiempo relativamente prolongado expuesto al ambiente, igualmente dio resultado el laboreo con cincel ya que se logró disminuir entre 27 y 38 % el contenido de hidrocarburos totales presentes en el suelo. Ello representa aproximadamente la mitad del nivel de disminución alcanzado en el "derrame nuevo".

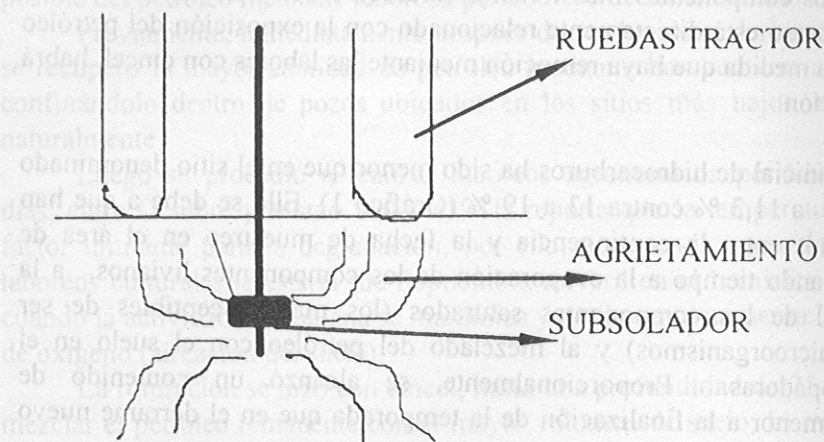
3.-Suelo contaminado con petróleo viejo, sin remover.

El contenido de hidrocarburos totales (HT %) se redujo en un 21 %, en promedio en los distintos puntos de muestreo de la transecta, entre Septiembre y Marzo ($p < 0,05$) (Gráfico 1), siendo similares estas disminuciones en el HT % a los obtenidos en el sitio denominado "derrame viejo". En ambos casos de derrames antiguos, tanto el nivel inicial de HT % como su disminución durante la temporada de tratamiento con cincel, son sensiblemente menores al de un derrame donde el problema es atacado inmediatamente después de ocurrida la contingencia.

En casos de derrames antiguos, tanto el nivel inicial de HT % como su disminución durante la temporada de tratamiento con cincel, son sensiblemente menores al de un derrame donde el problema es atacado inmediatamente después de ocurrida la contingencia.

La maquinaria que se utilizó en las labores de recuperación de los suelos afectados por derrames de petróleo ha sido la siguiente:

1) Subsolador (Figura 1). Cuando había un horizonte subsuperficial endurecido ó bien en casos en que el grado de compactación fue tal que comenzaba desde la superficie, había un impedimento mecánico y fisiológico para las raíces, imposibilidad de penetración y asfixia radicular respectivamente, para el almacenamiento del agua de lluvia ó nívea, y para la oxigenación a fin de alcanzar una adecuada biodegradación. La herramienta que nos permitió solucionar esos problemas fue el subsolador. Lo mismo podemos decir cuando se tenían capas de petróleo enterradas por material de relleno.



La función del subsolador fue producir agrietamientos en horizontes que se encontraban a mayor profundidad que la capa superficial. O sea trabajó a más de 30-35 cm, mediante un corte vertical en el terreno.

Su tipo de labor es de ruptura y resquebrajamiento. Fundamentalmente está constituido por un cuerpo vertical ó lámina y una reja de corte. Esta última puede ser de forma rectangular, con extremos aguzados y curva. Su profundidad de trabajo normal es de 0,40-0,45 m.

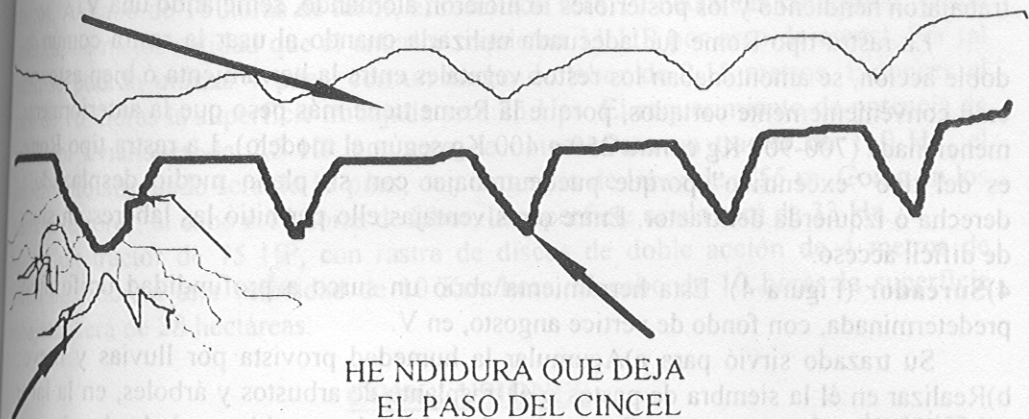
2) Cincel (Figura 2). Permitió la mezcla y refinación del suelo contaminado con hidrocarburos, haciendo desaparecer el efecto “espejo” de superficie, producido por el petróleo líquido, con lo que se evitaron los problemas de mortandad de las aves.

El arado de cincel está constituido por un bastidor que sostiene timones de acero, los que penetran verticalmente en el suelo. Este implemento remueve el suelo al ser arrastrado por el tractor, debido a la acción vibrátil que producen los timones.

Los cinceles no invirtieron el pan de tierra, respetaron la estructura, solamente abrieron el suelo permitiendo una distribución uniforme del aire, en toda la capa removida. Es decir que no se interrumpió el proceso natural de agregación. El pasaje de cada cincel abrió una hendidura sobre la cual se depositó tierra suelta levantada por la herramienta. Trabajó a 25-30 cm de profundidad, con el fin de mezclar el suelo

embebido con petróleo, con un cierto volumen de suelo. En caso de que por la consistencia del suelo no era posible penetrar hasta esa profundidad en la primera pasada, la herramienta se fue introduciendo paulatinamente en sucesivas recorridas.

TERRA SUELTA



HE NDIDURA QUE DEJA
EL PASO DEL CINCEL

RESQUEBRAJAMIENTO PRODUCIDO POR
LA VIBRACIÓN DEL CINCEL

En derrames recientes ó con el petróleo en superficie en estado líquido ó semilíquido, la primera vez se utilizó el cincel tantas veces hasta que hubo desaparecido el brillo característico del petróleo cuando se halla en estado líquido, en derrames recientes, ó sea hasta que se mezclaba formando una masa pastosa con el suelo. Luego durante 6 meses, cada 30 días. En los sectores deprimidos hubo que efectuar más pasadas, pero en general, en cada oportunidad, por lo menos 4-5 veces en un sentido y otras tantas en forma cruzada (sentido perpendicular) al anterior. Pero el criterio que primaba en los derrames de petróleo fresco es que desaparezca el estado líquido (aspecto brillante en superficie) y que quede "pastoso" (mezcla de suelo y petróleo). Pero para ello también dependía de una adecuada labor previa de extracción mediante los camiones "chupadores". En derrames viejos, ó sea con el petróleo en estado de masa plástica ó bien endurecido, hasta que el hidrocarburo este semienterrado y cortado en trozos no mayores a 5-10 cm. En suelos decapitados ó rellenados, hasta la refinación del suelo de superficie. Ello implica que los terrones más grandes tendrán un tamaño no mayor a 5-8 cm.

3) **Rastra de discos de doble acción y rastra tipo "Rome"** (Figura 3). La rastra excava, levanta y mulle la tierra hasta una profundidad de aproximadamente 10-15 cm, aunque cuanto más pesada, más penetra a mayor profundidad; pero por su diseño el suelo queda uniformemente removido en todo el ancho de trabajo de la herramienta. Además rompe terrones y refina la tierra. Fue especialmente adecuada en suelos con gran cantidad de restos vegetales tal como es el caso de un mallín, con gran cantidad de raíces y vegetación especialmente junquillo y pasto salado. La rastra cortó cada vez en trozos más pequeños cuantas más pasadas se hicieron, y en forma cruzada.

Consta de cuatro cuerpos: dos con casquetes lisos y dos con casquetes dentados. Estos últimos tienen la función de cortar adecuadamente los restos vegetales ó terrones muy duros, ya que se ejerce mayor presión en los "dientes". La denominamos "de doble acción" porque mueve la tierra para ambos costados.

Que tipo de trabajo hizo: Los cuerpos anteriores, generalmente dentados, trabajaron hendiendo y los posteriores lo hicieron alomando, semejando una V.

La rastra tipo Rome fue adecuada utilizarla cuando al usar la rastra común de doble acción, se amontonaban los restos vegetales entre la herramienta ó bien estos no eran convenientemente cortados, porque la Rome tiene más peso que la anteriormente mencionada (700-900 Kg contra 250 a 400 Kg según el modelo). La rastra tipo Rome es del tipo "excéntrico" porque puede trabajar con su plano medio desplazado a derecha ó izquierda del tractor. Entre otras ventajas ello permitió las labores en sitios de difícil acceso.

4) Surcador (Figura 4). Esta herramienta abrió un surco a profundidad uniforme y predeterminada, con fondo de vértice angosto, en V.

Su trazado sirvió para a) Acumular la humedad provista por lluvias y nieve.; b) Realizar en él la siembra de pastos ó el trasplante de arbustos y árboles, en la labor de revegetación.; c) En suelos salinos, concentrar las sales en el lomo de los bordos que conforman el surco y no en el fondo de éste, en donde prosperaron las plantas.

El trazado de los surcos hay que hacerlo en contra de los vientos dominantes y de la pendiente del terreno. En caso de contraponerse los dos criterios, adoptar el de la orientación en contrapendiente. Caso contrario dejamos expuestas las plantas a los vientos dominantes ó bien los surcos conducirían el agua de lluvia que escurre generando erosión hídrica mediante el arrastre del suelo superficial. Al trazar los surcos en sentido perpendicular a la pendiente dominante, permite que el agua no escurra superficialmente y sí se acumule en los surcos, penetrando profundamente en el terreno.

En el caso de pendientes muy pronunciadas (áreas con lomadas y bajos) conviene surcar siguiendo las curvas de nivel. La herramienta consta de reja y dos vertederas.

Además de las ventajas de la utilización de herramientas agropecuarias en la recuperación de suelos afectados por derrames de petróleo, en lo que hace a la calidad del trabajo, también están las económicas. Esta tecnología es sensiblemente más económica que la alternativa de utilización de topadoras tanto en el costo de cada hora trabajada como en el de adquisición de las herramientas.

HERRAMIENTA	TIEMPO OPERATIVO	
	Ha/hora	min/ha
Rastra de discos.....	2,50.....	24
Cinzel.....	2,6.....	23

Con tractor de 110 HP, con cincel de 13 púas distanciadas a 35 cm entre sí, a una velocidad de labor de 8 Km./hora, al cabo de 10 horas la superficie trabajada será de 33 hectáreas. Para una misma potencia de tractor, 110 HP, existen en el mercado cincelados que requieren alrededor de 14 HP. En consecuencia el tractor mencionado no podrá trabajar con más de 7 arcos de cincelados, alcanzando un ancho de labor de 2,45 metros. Al cabo de 10 horas de labor, el resultado será 19 hectáreas cinceladas. Otros cincelados, de mejor calidad que el anterior requieren 11 HP por arco de cincel. Por tal razón se podrán utilizar 9 púas, con un ancho de labor de 3,15 metros. Entonces al cabo de 10 horas la superficie trabajada será 25 Has. El requerimiento de potencia de un cincel liviano es de 7,5 HP por arco de cincel. Para un tractor de 110 HP, el implemento adecuado será de 13 púas, con un ancho de labor de 4,55 m. Como en los casos anteriores, al cabo de 10 horas de labor, la superficie arada será de 33 Ha.

Con tractor de 75 HP, con rastra de discos de doble acción de 4 metros de ancho de labor, a una velocidad de 10 Km./hora, al cabo de 10 horas la superficie trabajada será de 28 hectáreas.

CONCLUSIONES

Las medidas que debe una empresa petrolera luego de remover suelo, decapitar y rellenar, a fin de minimizar los efectos de estas contingencias son:

- a) *Decapitación*: Laboreos de suelo conservacionista, en forma cruzada primero con subsolador y luego varias pasadas con cincel en forma cruzada, corrugar el terreno con surcadores cortando la pendiente o la dirección de los vientos dominantes.
- b) *Relleno*: Laboreo de suelo conservacionista con cincel en forma cruzada, corrugar el terreno con surcadores cortando la pendiente o la dirección de los vientos dominantes.

Los tratamientos consistieron en mezclar el petróleo derramado con los primeros 30-35 cm superficiales de suelo, y luego repetir este laboreo cada 30 días, durante los meses primaverales estivales.

Aproximadamente entre el 50 y el 70 % de la cantidad de hidrocarburo existente al momento del inicio de los tratamientos permanecía en el suelo a la finalización de los tratamientos de la temporada.

Por parte de las empresas petroleras, una vez producido un derrame de petróleo accidental, a fin de reducir a un mínimo los daños al medio ambiente, las acciones a seguir que se proponen son las siguientes:

1) Ocurrido el derrame, confinar el petróleo dentro de pozos, dejándolo fluir hacia estos lugares para su inmediata recuperación.

2) Clausurar las áreas con derrame para evitar el ingreso de ganado.

3) El suelo y la vegetación disturbado no debe ser decapitado con palas mecánicas ni rellenado con aportes de suelos inermes de otras áreas.

4) No modificar las superficies altas que no fueron afectadas por el derrame, manteniendo toda su vegetación intacta.

5) Para evitar problemas con la avifauna silvestre se deberá escarificar toda el área con cincel o subsolador hasta una profundidad de 20-30 cm, dejando toda la

superficie áspera y expuesta al sol y a los vientos para evaporar los componentes livianos del petróleo.

6) Comunicar al M.A.H.P.I. en el plazo más inmediato posible de producida la contingencia, para consensuar y coordinar medidas tendientes a su pronta recuperación y revegetación.

BIBLIOGRAFÍA

ATLAS, R. 1981. *Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective*. Microb. Rev. 45(1):180-209.

ATLAS, R. AND R. BARTHA. 1972. *Degradation and mineralization of petroleum in seawater: limitation by nitrogen and phosphorus*. Biotechnol. Bioeng. 14:309-317.

CALABRESE, E. and P. KOSTECKI. 1993. *Principles and practices for petroleum contaminated soils*. Lewis publishers. U.S.

CHIARANDINI, F. y CAMPOLONGO, D. 1995. *Inoculación de bacterias Pseudomona pútida en piletas de tierra*. II° Simposio de Producción de Hidrocarburos. Instituto Argentino del Petróleo. Mendoza.

DIBBLE, J. and R. BARTHA. 1979. *Effect of enviromental parameters on the biodegradation of oil sludge*. Appl. Environ. Micobiol. (37):729-738. New Jersey.

JENSEN, V. 1975. *Bacterial flora of soil after application of oily waste*. Oikos 26:152-158. Copenhagen.

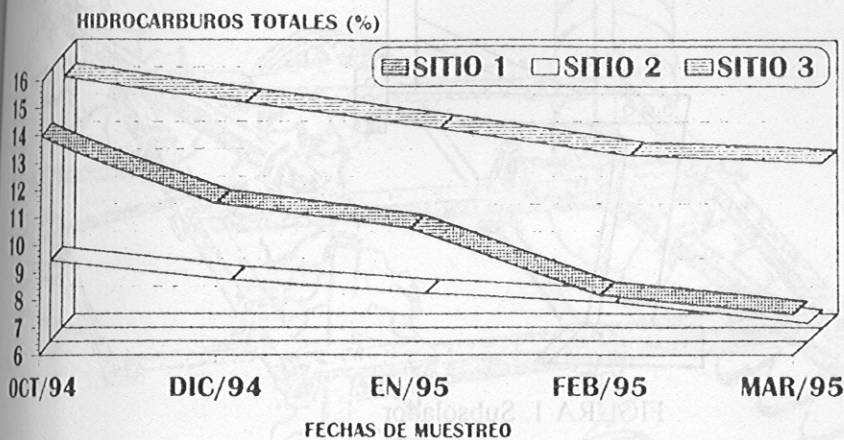
LUQUE, J.; D. MOLINA SANCHEZ y M. AMARI. 1994. *Características edáficas de suelos afectados por derrames de petróleo*. Convenio INTA-YPF. II Simposium Ciencia y Tecnología de la Patagonia Austral Argentina-Chile. Comodoro Rivadavia.

MOLINA SÁNCHEZ, D.; J. LUQUE; M. AMARI y R. Mac KARTHY. 1995. *Recuperación edáfica y revegetación de áreas afectadas por derrames de petróleo en la región árida fría de Patagonia*. II° Simposio de Producción de Hidrocarburos. Instituto Argentino del Petróleo. Mendoza.

MOLINA SÁNCHEZ, D.; J. LUQUE; C. LISONI; J. QUINTEROS Y O. BAZZI. 1995. *Erosión eólica en suelos afectados por derrames de petróleo*. II° Simposio de Producción de Hidrocarburos. Instituto Argentino del Petróleo. Mendoza.

RAIMOND, R.; J. HUDSON and V. JAMISON. 1976. *Oil degradation in soil*. Applied Environm. Microb. 31 (4):522-535.

GRAFICO 1. Recuperación de suelos afectados por derrames de petróleo mediante utilización de cincel. Contenido de hidrocarburos totales en tres sitios de Aeropuerto Comodoro Rivadavia



REFERENCIAS:

- SITIO 1. Derrame ocurrido en Septiembre 1994, en el cual comenzaron las tareas de recuperación en forma inmediata.
- SITIO 2. Suelo de un derrame ocurrido en 1992 y posteriormente removido mediante excavadoras y acumulado en piletas.
- SITIO 3. Suelo contaminado con petróleo viejo, sin remover.

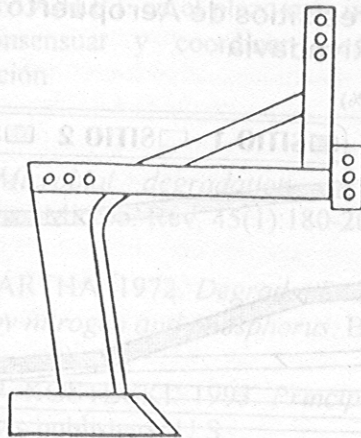


FIGURA 1. Subsolador

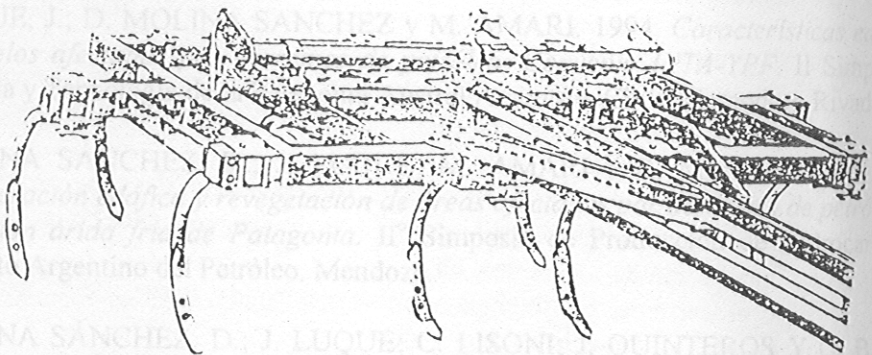


FIGURA 2. Cincel

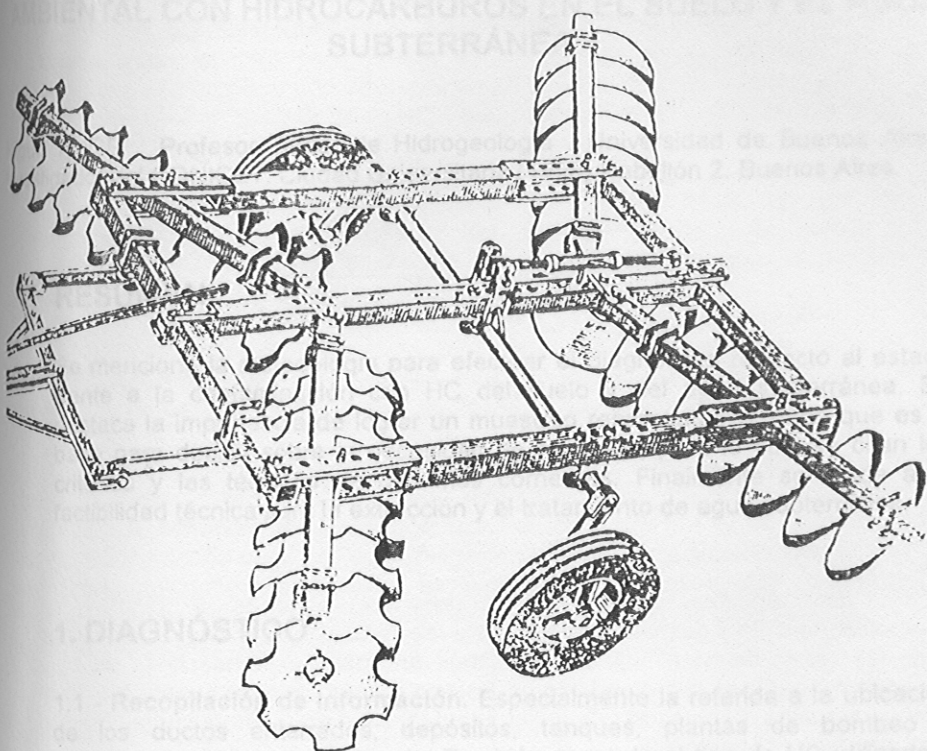


FIGURA 3. Rastra de discos de doble acción

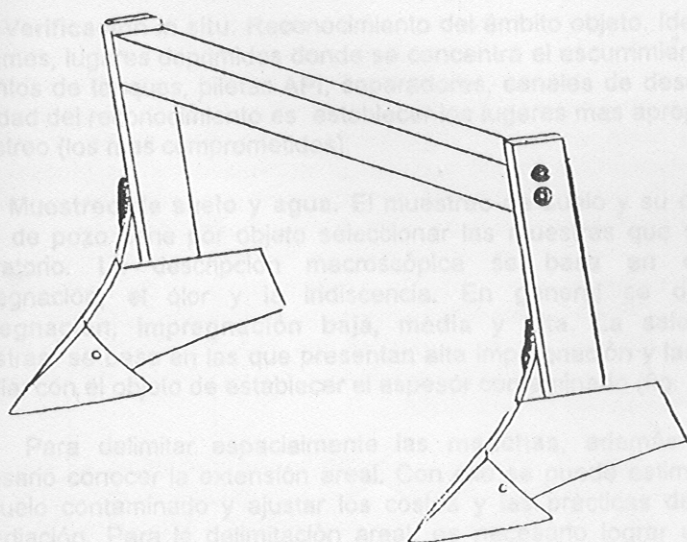


FIGURA 4. Surcador