

# Experiencia de revegetación

con ejemplares de palo santo y  
algarrobo blanco

## en un área petrolera del bosque chaqueño de Formosa

Por **Pablo Arabadjian**, **Irene Rives** y **Diego Rosa** (Madalena Energy Argentina SRL.)

**La exitosa remediación de un pasivo ambiental en el yacimiento El Chivil, Departamento Ramón Lista, llevó dos años y medio entre la caracterización y el muestreo final y constituye una de las primeras experiencias de este tipo en el oeste formoseño. Luego de la remediación, se procedió a la recuperación del área con árboles autóctonos del bosque chaqueño. Hoy esta zona está en proceso de colonización de vegetación nativa y plantas arbustivas.**

Este trabajo resultó seleccionado en el *3º Congreso Latinoamericano y 5º Nacional de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente en la industria de los Hidrocarburos.*

La restauración de áreas afectadas por vertidos de agua de producción y petróleo dentro de un área de explotación petrolera ha sido ampliamente informada en la bibliografía local e internacional; sin embargo, la reforestación con especies arbóreas autóctonas y de interés económico para la zona del bosque chaqueño presenta pocos antecedentes. Este trabajo resume las acciones tomadas por Madalena Energy Argentina SRL en la restauración de un área, originalmente afectada como pileta de infiltración y evaporación, heredada de anteriores operaciones, para devolverla a su condición natural e integrarla al bosque nativo que lo rodea, poniendo en valor nuevamente el recurso para la naturaleza y la comunidad local.

El área El Chivil, perteneciente a la cuenca sedimentaria petrolera Noroeste, se encuentra ubicada en el oeste de la provincia de Formosa, en el Departamento Ramón Lista. El área de Explotación queda restringida a 1,13 km<sup>2</sup>. El yacimiento fue descubierto en 1987, cuenta con una producción acumulada de 326.518,2 m<sup>3</sup> y 5 pozos perforados. Por medio del Decreto 1766/90 el área pasó de manos estatales a ser intervenida por diversos operadores tanto nacionales como extranjeros.

El área contaba con una pileta clasificada, según la Resolución de la Secretaría de Energía de la Nación 341/93, como Pileta de Infiltración y Evaporación en la que los sucesivos operadores dispusieron agua de producción excedente. No hay registros de los volúmenes acumulados y evaporados en esta pileta, ni cuando fue construida.



Foto 1. Sección seca de la Pileta 2.



Foto 2. Sección inundada de la Pileta 2.



Figura 1. Ubicación área de proyecto.



Figura 2. Sectorización área afectada.

El área, que ocupa unos 40.000 m<sup>2</sup>, con 250 m de largo y 160 m de ancho, constaba de tres piletas excavadas, cuyos taludes se elevaban alrededor de un metro y medio sobre el suelo. La primera de las piletas, denominada Pileta 1, nunca fue utilizada y sufrió un proceso de revegetación natural (Figuras 1 y 2). Al momento de la caracterización se encontraron algarrobos (*Prosopis* sp.), vinal (*Prosopis rus-cifolisa*), vinalillos (*Prosopis vinalillo*) y breas (*Parkinsonia praecox*). Esta pileta presentaba evidencia de ser utilizada por el ganado para proveerse del agua de lluvia acumulada.

Por el contrario, la Pileta 2, de tamaño menor, se encontraba separada en dos piletas menores, una de 80 x 55 m, que contenía agua de producción e hidrocarburos; y la otra de 120 x 55 m con evidencia de hidrocarburos en los taludes y en el fondo y acumulaciones salinas de gran extensión (Fotos 1 y 2).

Dado el régimen de lluvias de la zona, la pileta podría presentar más o menos nivel de agua y convertirse en una fuente importante de impacto para la fauna local.

El proyecto de remediación comenzó con la caracterización de la pileta a nivel superficial y en profundidad. En un principio, se evaluó la potencialidad de la existencia de una pluma de dispersión de hidrocarburos en un nivel freático. No se contaba con ningún dato de la zona, ni se conocía la existencia de niveles de agua en profundidad.

Al momento de comenzar con la remediación, si bien fue considerada la idea de terminar el proyecto con un proceso de revegetación con plantas autóctonas, no fue

cabalmente evaluada hasta la terminación de todo el proceso. La descontaminación del área eliminando la concentración de hidrocarburos no era la única preocupación para el éxito del proceso de revegetación, también deberían considerarse la recomposición geomorfológica y la estructura del sustrato donde plantar los árboles.

## Desarrollo

El desarrollo del proceso de remediación se dividirá en tres etapas. La primera etapa de caracterización, donde se describe la estrategia para conocer el estado del sitio. La segunda etapa: la remediación y; la tercera, la etapa de revegetación.

### Primera etapa: caracterización

Con el objetivo de conocer el grado de contaminación del área, se definió un esquema de caracterización en superficie y en profundidad. Ambas piletas fueron incluidas en el muestreo con la excepción del área inundada de la Pileta 2. Se adoptó un patrón de muestreo regular en el que se excavaron con retroexcavadora, 9 calicatas de 3,5 m de profundidad.

En cada calicata se evaluó el perfil en profundidad, la textura del suelo y la potencial presencia de hidrocarburos, tomándose muestras de suelo a una profundidad de 1,5



Figura 3. Puntos de muestreo.

y/o 3,0 m, seleccionadas de acuerdo con la inspección del perfil. Adicionalmente se tomaron 6 muestras de suelo a 1,5 m de profundidad en el sector correspondiente a la pileta 1 (Puntos azules en la figura 3), y dos muestras testigo a 1,5 y 2,5 m de profundidad en un punto del interior del bosque nativo alejado de las piletas (Rombos amarillos en la figura 3). Estas muestras se adquirieron empleando una sonda manual.

Las muestras fueron analizadas con una batería de parámetros que incluyeron Hidrocarburos Totales (EPA 5021 A/3550 C/8015C); una batería de compuestos aromáticos

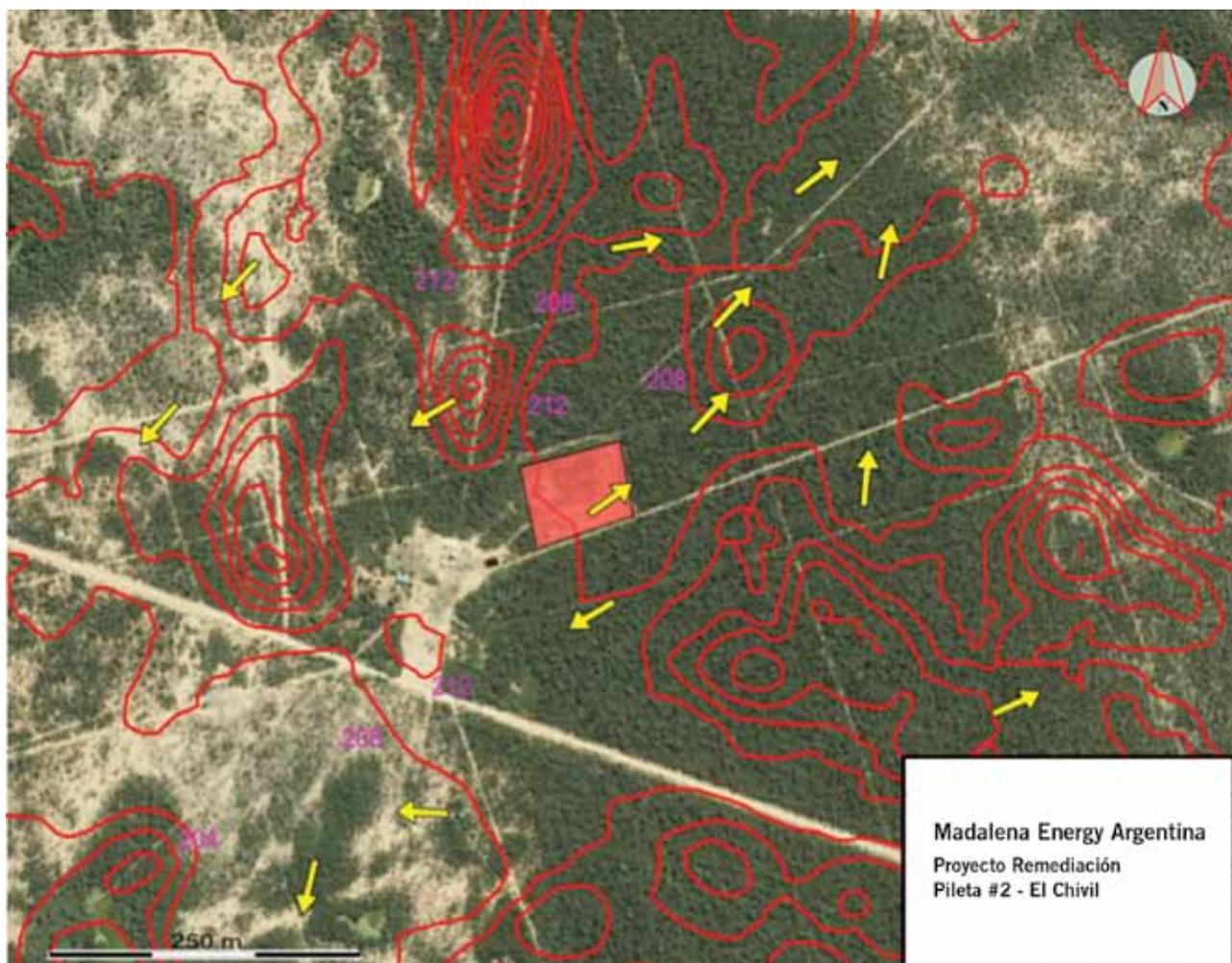


Figura 4. Curvas de nivel y sentido de escurrimiento.

(EPA 3550 C8310) y metales pesados. Por otra parte, se analizaron nutrientes y presencia microbiana en el suelo.

### Pozos de monitoreo de nivel freático

Sobre la base de un Modelo Digital de Terreno del área, se determinó la dirección de la escorrentía superficial y las pendientes naturales. Se estimó la dirección de un posible nivel freático y se diagramó un esquema de pozos de monitoreo. Para este caso, la consultora encargada de la remediación empleó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del satélite ASTER, con imágenes provistas por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de la República Federativa de Brasil. Sobre la base de este análisis y de los perfiles obtenidos en las calicatas de sondeo en el sector sin agua en superficie de la Pileta 2, se planteó la ubicación de dos pozos de monitoreo para constatar o descartar la presencia del acuífero libre, asumiendo que las características de la escorrentía subterránea imitan la de la escorrentía superficial.

Los pozos se ubicaron al este y al sur de la Pileta 2 (pozo de monitoreo 1 y 2, respectivamente) (Figura 3). Ambos pozos se perforaron hasta una profundidad de 15 m.

Para evaluar si había alguna afectación de los niveles radiculares de la vegetación circundante, que pudiera dar evidencia de la existencia de una pluma de contaminación

en un nivel acuífero libre, se realizó un estudio de las comunidades vegetales circundantes.

Se evaluaron riqueza, diversidad, similitud, abundancia relativa, equitatividad, dominancia, clases diamétricas y estructura vertical.

El bosque nativo en los sectores cercanos a la pileta presentó una mayor riqueza, diversidad, equitatividad y densidad de especies arbóreas que en los sectores más alejados de la misma. Las estructuras verticales y de clases diamétricas muestran que en los sectores cercanos a la pileta existe mayor proporción de ejemplares del estrato arbóreo superior, pertenecientes a la clase diamétrica mayor.

La dominancia en el bosque nativo más próximo es más baja (36%), y el mistol (*Ziziphus mistol*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) son las dos especies de mayor abundancia relativa. Más lejos de las piletas, la dominancia se incrementa ligeramente (46%), y las mayores abundancias relativas corresponden al quebracho blanco y el palo santo (*Bulnesia sarmientoi*).

Las diferencias en la comunidad arbórea en función de las distancias a las piletas no reflejaban una relación con la presencia de las mismas, lo cual se debe a causas naturales, como una mayor disponibilidad de humedad en el suelo en los sectores de menor cota en el entorno inmediato de la pileta (Pacha, *et al.*).

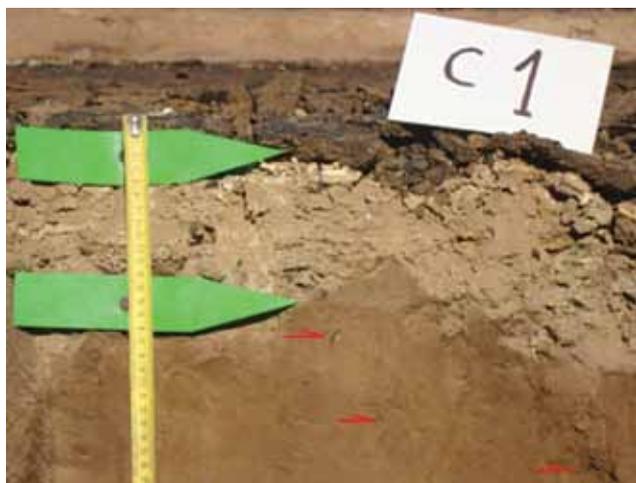


Foto 3. Corte de calicata. Zona con HC.

Los resultados de los sondeos de suelos con las calicatas y en cercanías de la Pileta 2 mostraron que los perfiles se hallaban libres de hidrocarburos (Foto 3 y 4). No se halló agua en profundidad, aunque cuando se construyeron los pozos de monitoreo a 15 m de profundidad se encontró en el perfil de suelo una capa de arena que podría ser portadora de agua en algún momento del año. Sin embargo, tampoco se encontraron rastros de hidrocarburos en esta capa.

### Resultados del monitoreo

Los análisis de las muestras del sector sin agua de la Pileta 2 mostraron que en todos los puntos y profundidades muestreadas, los valores de Hidrocarburos Totales se hallaron por debajo de la concentración tomada como valor de referencia, 10.000 ppm, la excepción fue la muestra del punto 9 a 3 m de profundidad donde se superó ligeramente este valor. En ningún caso se informaron presencia de metales pesados o compuestos aromáticos.

La conductividad eléctrica y la salinidad reflejan que los suelos son extremadamente salinos, en su mayor parte producto del agua de producción acumulada durante años



Foto 4. Sondeo en búsqueda de niveles de contaminación.

en el sector. Los valores registrados son, en general, superiores al de la muestra de suelo testigo.

La presencia de microorganismos degradadores de hidrocarburos (bacterias aeróbicas mesófilas, aeróbicas heterótrofas, entre otros) fue mayor en los suelos de la pileta que en la muestra de suelo testigo, demostrando que existía una importante actividad degradativa microbiológica de los hidrocarburos presentes en el suelo del sector.

El sector con mayor afectación de material era el extremo centro-noreste, aunque los hidrocarburos totales se en-

Parámetros	Unidades	M1 (1,5m)	M2 (3m)	M3 (1,5m)	M4 (1,5m)	M7 (3m)	M8 (3m)	M9 (3m)
Hidrocarburos totales (TPH)	(mg/kg)	70	2500	5500	570	<50	400	200
pH Relación 1:1	Unidad pH	8	7,9	7,8	8	8,1	7,7	8,3
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	10320	9880	4370	5750	6180	9830	5180
Conductividad del extracto de saturación	(dS/cm)	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0
Salinidad		Extremadamente salino						
Humedad	(% p/p)	16,6	13,9	21	6	13	19,1	15,6

Tabla 1. Parámetros de calidad de suelo en el sector sin agua de la Pileta 2.

Parámetros	Unidades	P1 (1,5m)	P2 (1,5m)	P3 (1,5m)	P4 (1,5m)	P5 (1,5m)	P6 (1,5m)	
Hidrocarburos totales (TPH)	(mg/kg)	<50	<50	<50	64,5	<50	<50	
pH Relación 1:1	Unidad pH	8,2	7,7	8,1	8,5	7,5	7,0	
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	4390	7750	2950	2020	4460	5320	
Conductividad del extracto de saturación	(dS/cm)	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	>20,0	
Salinidad		Extremadamente salino						
Humedad	(% p/p)	6,9	9,0	5,0	7,8	10,1	13,2	

Tabla 2. Resultados muestreos Pileta 1.

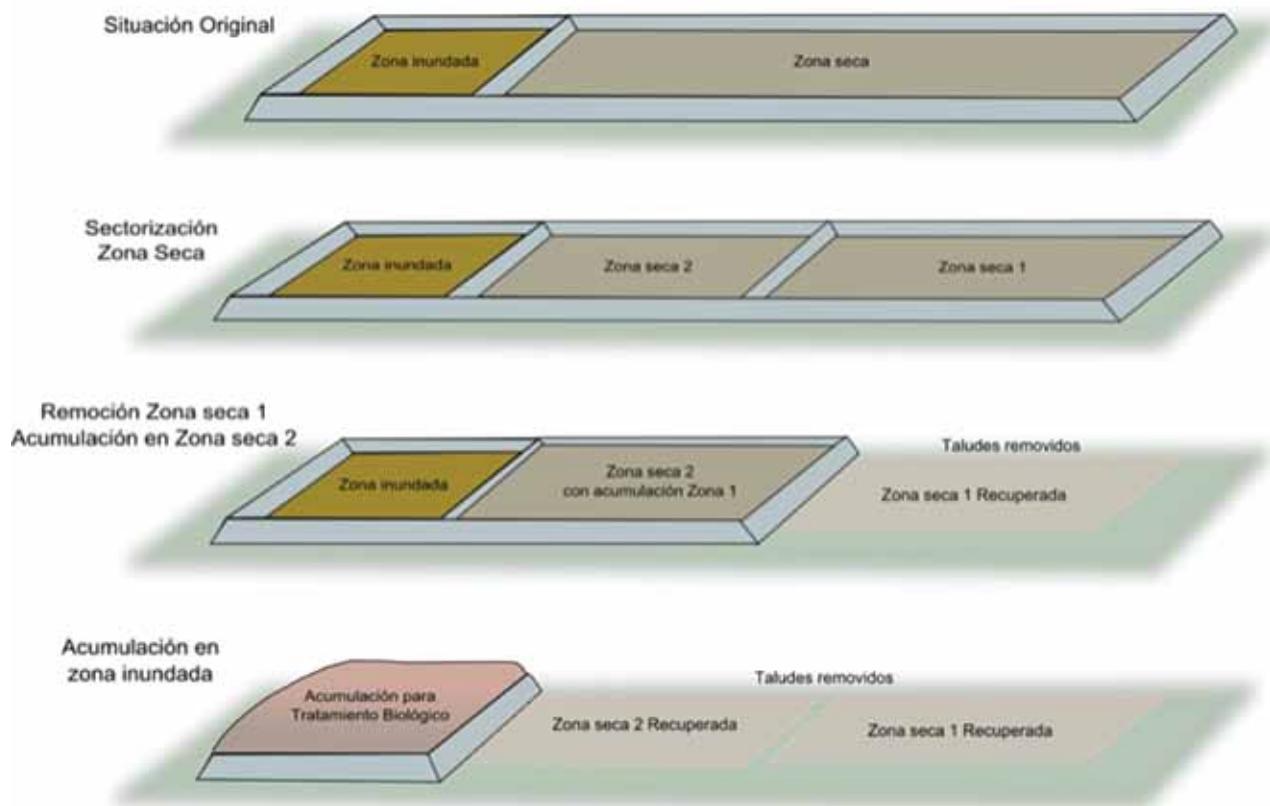


Figura 5. Proceso de remediación superficial.

cuentran por debajo o ligeramente por encima del valor de referencia.

### Sector de la ex-Pileta 1

En la ex-Pileta 1, el suelo se presenta libre de concentraciones detectables de hidrocarburos (Tabla 2), a excepción del punto P5 que presenta trazas de hidrocarburos (64,5 mg/kg), en concentración muy por debajo de los 10.000 mg/kg del valor de referencia.

El pH resultó normal, correspondiendo a suelos mediana a moderadamente básicos, pero la conductividad eléctrica se relaciona en todas las muestras con suelos extremadamente salinos. Esta elevada salinidad explica, en gran parte, el lento proceso de revegetación natural que tiene el sector.

### Estimación del volumen de suelo afectado en el sector de la Pileta 2

La sección seca de la Pileta 2 tiene dimensiones de 52 m de ancho y 120 m de largo, totaliza una superficie de 6.240 m<sup>2</sup>. Los sondeos realizados revelaron que no existen concentraciones de TPH por encima del valor referencia de 10.000 ppm en profundidad, hallándose en algunos sectores un primer horizonte de espesor variable entre 3 y 5 cm de suelos con presencia de hidrocarburos. El volumen estimado de material por tratar en este sector es de aproximadamente 624 m<sup>3</sup>.

En el caso de la sección con acumulación de agua, La misma tiene un ancho promedio de 54 m y una longitud de 82 m, con una superficie de 4.387 m<sup>2</sup>.

El volumen de líquido contenido era de aproximadamente 6.580,5 m<sup>3</sup>, asumiendo que la profundidad promedio de la pileta era de 1,5 m, supuesto inferido por comparación con la altura de los taludes del sector sin agua. El volumen de material edáfico por tratar se estima entre 8.800 y 13.200 m<sup>3</sup>, asumiendo que la profundidad de penetración de los hidrocarburos es como máximo la del horizonte saturado con agua, ubicado entre los 3 y 4 m de profundidad en el pozo de monitoreo 2.

### Segunda etapa: remediación del sitio

Para el tratamiento del volumen de suelo estimado durante la caracterización se decidió utilizar un método de degradación biológica. Las condiciones climáticas de la zona y la actividad degradadora de microorganismos nativos en suelo fueron determinantes en esta decisión.

Con el fin de minimizar los costos del proceso, se procedió a dividir en dos etapas el proceso. Se tomó el sector con acumulación de agua como una zona de sacrificio y tratamiento donde se acumuló todo el material afectado con hidrocarburo del resto de la pileta.

El mecanismo incluyó:

### Etapa 1: remoción material superficial del fondo y taludes

1. Remoción de la capa superficial de material del sector 1 de la pileta hasta dejarla completamente limpia en superficie.
2. Monitoreo del fondo obtenido para asegurar que se había alcanzado un horizonte libre de hidrocarburos y contaminación.
3. Volteo de los taludes existentes para nivelar el área.



Foto 5. Proceso de mezclado con nutrientes

Este proceso se repitió en la zona central de la pileta y todo el material se acumuló en la zona de sacrificio (zona inundada en la figura 5).

### **Etapas 2: remediación biológica en zona de sacrificio**

El material acumulado en la zona de sacrificio se mezcló con nutrientes para favorecer el crecimiento bacteriano y acelerar el proceso de degradación biológica. Debido al volumen acumulado, el material no fue procesado en una biopila propiamente dicha, sino en un batch sólido que se fue mezclando con una periodicidad establecida por la consultora operadora de la remediación.



Foto 6. Pileta 2 completamente remediada.

El proceso culminó con un muestreo general del área y las correspondientes presentaciones a la autoridad de aplicación para la liberación del área.

El material y los taludes del área fueron volteados y removidos por completo para nivelar la superficie de la Pileta.

### **Tercera Etapa: forestación**

Dadas las características edafológicas del área, suelos salinos y desnudos de vegetación, y del material tratado que sería el sustrato de crecimiento de las especies sembradas, las especies seleccionadas para el ensayo fueron *Bulnesia sarmientoi* (Palo santo) y *Prosopis alba* (algarrobo)

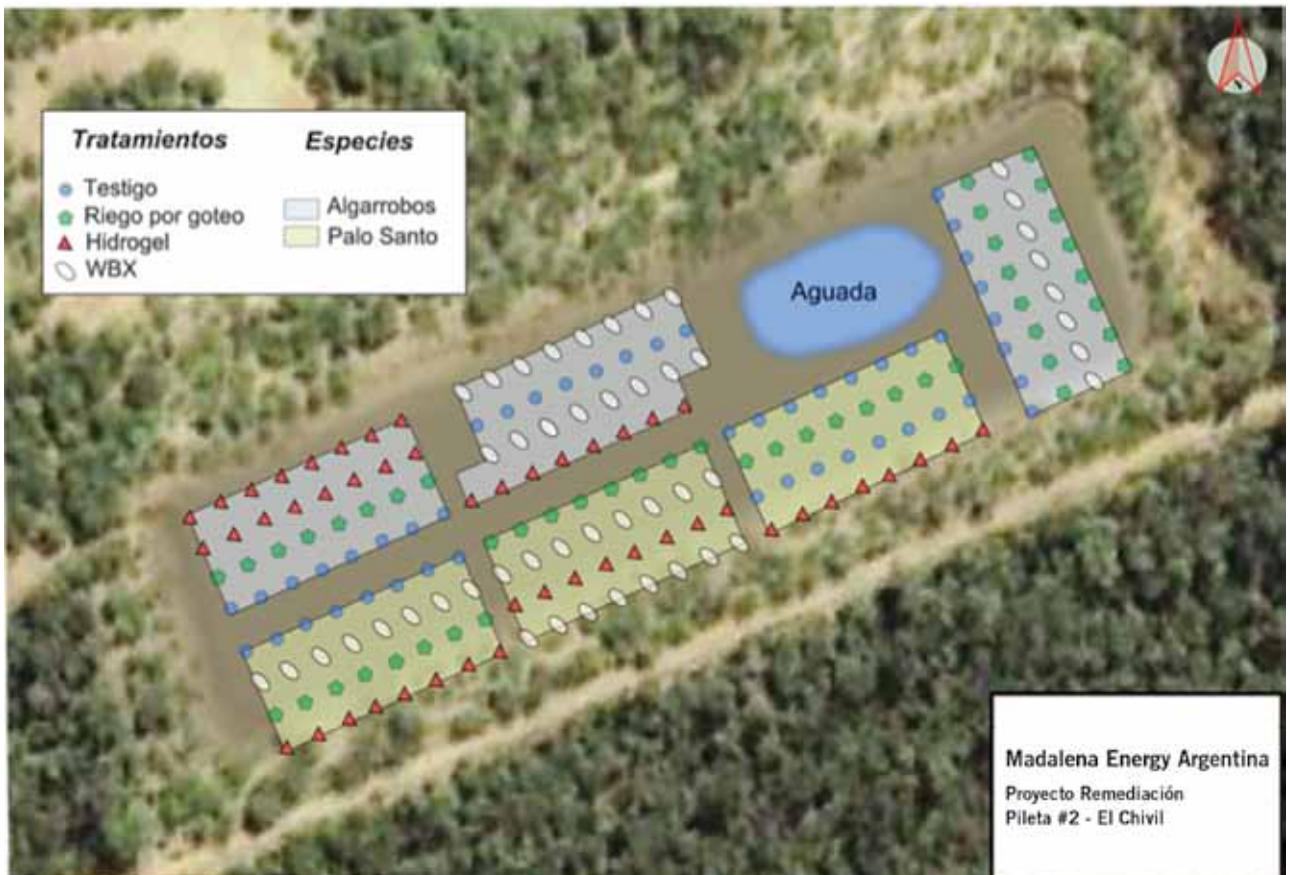


Figura 6. Plantaciones y tratamientos.

blanco). Se realizó la forestación con *Prosopis alba*, ya que los resultados del ensayo serían de gran utilidad para los productores de la zona, quienes realizan forestación con esta especie bajo la Ley 25.080 que les otorga un subsidio por plantación lograda y la ley de presupuestos mínimos para conservación de bosques nativos. Por otro lado, se espera que los resultados de esta experiencia agreguen conocimiento a las investigaciones que tratan de validar esta práctica en la zona y que permita conocer la silvicultura inicial de la especie en sitios altamente degradados.

En abril de 2015, Madalena Energy junto a la Escuela Técnica El Quebracho dieron inicio a la forestación con las especies seleccionadas. Con el fin de evaluar el comportamiento de las especies plantadas frente a distintos sistemas de riego, se aplicaron tres tratamientos de riego y un testigo. Las técnicas incluyeron riego por goteo, hidrogel y un sistema de almacenamiento de agua, cuya denominación comercial es waterboxx, en adelante WBX. La figura 6 muestra la disposición de las especies arbóreas y los tratamientos aplicados.

A cada planta, una vez finalizada la forestación, se le colocó una malla protectora de roedores (excepto a aquellas que fueron tratadas con WBX).

### Cómo funcionan los tratamientos

**WBX: acumuladores de agua** (Figura 7). Los acumuladores de agua proveen la acumulación, el almacenaje y la descarga del agua atmosférica o humedad relativa ambiente a partir de la captación del agua producida por condensación; regula la estabilidad térmica del suelo y del aire de día y de noche; evita la evapotranspiración potencial del suelo y de la planta por efecto del sol y del viento; posibilita la plantación y la supervivencia de árboles, arbustos y plantas en zonas áridas y semiáridas promoviendo un aparato radicular principal, pivotante, de exploración profunda que contacta con el agua capilar retenida en el microporo alejado de la presión climática de la evaporación.

**Hidrogel.** El hidrogel tiene la capacidad de almacenar agua para que quede a disposición de la planta; reduciendo la frecuencia de regado y disminuyendo la posibilidad de estrés hídrico, aportando a las raíces el agua requerida. Al ser una matriz de gelificante, actúa como una red de cargas, que permite el ingreso de agua e impide su salida



Foto 8. Protección de plantines con malla plástica.

resistiendo la evaporación y la lixiviación. La presión osmótica de la planta es la única que puede extraer el agua de dicha red, y lo hace si es que aquella la necesita. En caso contrario, el agua permanecerá almacenada hasta que la planta la requiera.

**Resultados de la plantación.** SupervivenciaEl crecimiento de las plantas fue relevado cada tres meses. En el primer muestreo realizado, se detectó un 6% de mortalidad en los ejemplares de palo santo, debido a la aparición de zonas con mayor concentración de sales y zonas anegadas. La mortandad sobre ejemplares de algarrobo alcanzó el 18%. En esta primera etapa se reemplazaron los ejemplares muertos con nuevos renovales.

Para el segundo muestreo, llevado a cabo promediando el quinto mes de la experiencia, los porcentajes de mortalidad fueron en general menores, representando un 3% para el caso del palo santo y un 15% para los algarrobos.

La mortandad fue provocada por las características salobres del suelo; el tratamiento más perjudicado fue el tratado con hidrogel. Por lo demás, los plantines de ambas especies presentan un óptimo crecimiento con brotes y buen estado sanitario.

### Crecimiento por especie

Las mediciones realizadas, además del conteo de supervivencia incluyeron la Altura Total y el Diámetro de

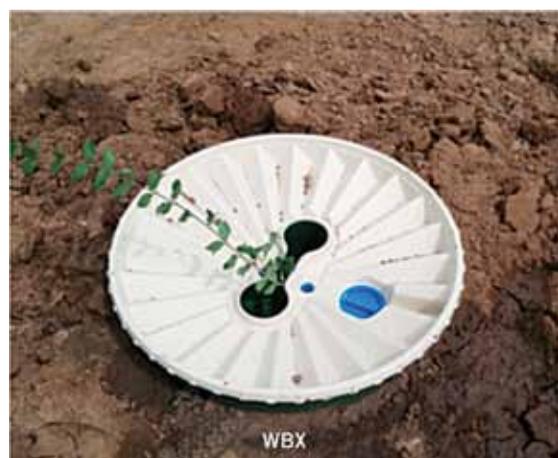


Foto 7. Sistemas artificiales de retención de agua.



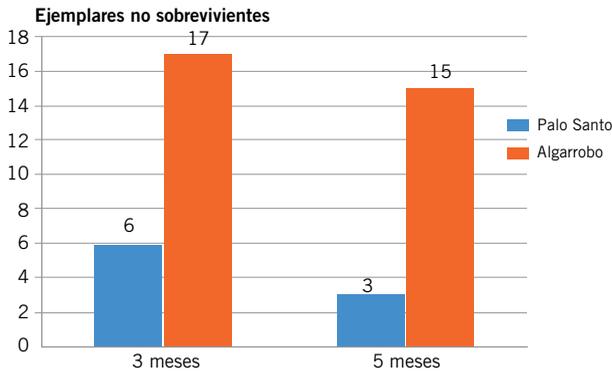


Figura 7. Ejemplares no sobrevivientes por muestreo.

Cuello de las plantas (diámetro del tronco antes de que se ramifique en ramas).

En cada muestreo se tomaron datos de HT (Altura total) y DC (Diámetro de Cuello) de palo santo y algarrobo, correspondientes a dos mediciones: 20/06/2015 y 31/03/2016.

En primera instancia, se realizó el cálculo del crecimiento de HT y DC. Luego se calculó el promedio por réplica, y por último el promedio por tratamiento (Figura 9).

Para procesar los datos cargados, se eliminaron algunas réplicas por los siguientes motivos:

- Réplicas con fallas por suelo contaminado con hidrocarburos.
- Réplicas con plantas en zona inundable.

- Réplicas con suelo muy suelto, sin estructura por remoción de suelo.

Además algunas réplicas del tratamiento testigo fueron reemplazadas por réplicas del tratamiento de riego por goteo. El mantenimiento del riego por goteo, como mencionamos anteriormente, no se realizó adecuadamente, entonces resultó igual al tratamiento testigo.

#### a. Plantación de algarrobo

Con respecto a las plantaciones de algarrobo, se observó diferencia de crecimiento entre las plantas con y sin tratamiento de WBX, y a su vez entre las réplicas. El tratamiento con WBX presenta mayor crecimiento que los demás tratamientos.

Medidas en mm	Prom HT 1	Prom HT 2	Prom DC 1	Prom DC 2
T1: Testigo	60.9	103.7	2.97	9.60
T4: WBX	55.6	128.5	3.34	14.72

Tabla 3. Alturas y diámetros de la primera y la segunda medición.

Las alturas de la primera medición de los dos tratamientos fueron prácticamente iguales. Sin embargo, las alturas de la segunda medición fueron diferentes: promedio de HT de WBX fue de 128,5 cm mientras que el promedio de HT del Testigo fue de 103,7 cm.

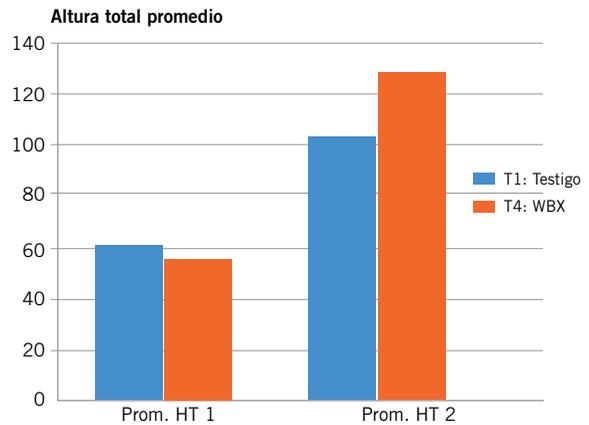


Figura 8. Crecimiento en altura. Comparativa.



Foto 9. Medición de crecimiento.

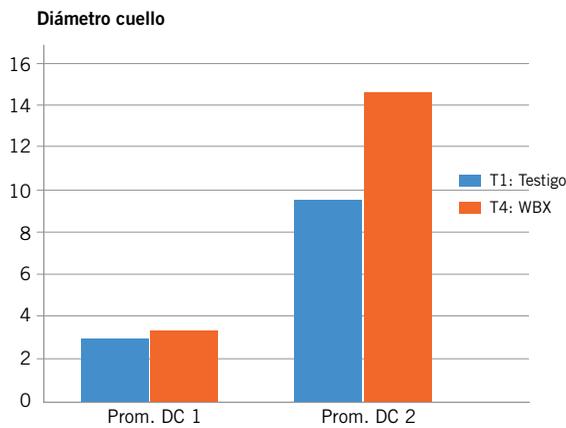


Figura 9. Diámetro de cuello comparativo.

En cuanto al DC 1, los valores también eran prácticamente iguales, pero el DC 2 tuvo una diferencia de 5,12 cm (14,72 cm para WBX y 9,6 para testigo).

Se observa para las dos variables (HT y DC), que las plantas que más crecieron fueron las del T4: WBX.

### b. Plantación de palo santo

En el caso de los ejemplares de palo santo, se observaron resultados similares, mostrando mejor crecimiento aquellos sometidos al uso de acumuladores artificiales de agua, particularmente el WBX.

Los ejemplares sometidos a tratamiento de riego por goteo no pudieron ser evaluados, ya que no hubo un aporte constante de colaboración para el riego y se comportaron prácticamente igual que los testigos.

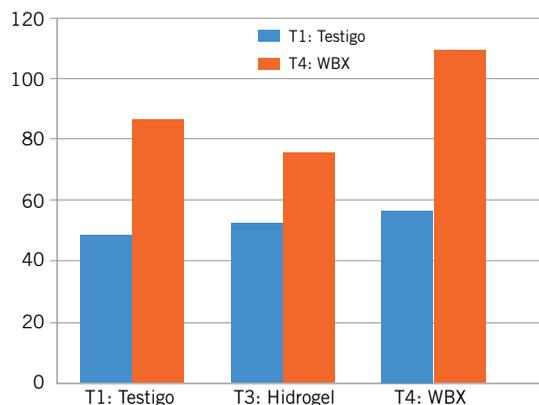


Figura 10. Resultados del crecimiento de Palo santo.

## Conclusiones

Luego del muestreo del área se concluye que no había afectación del medio circundante a la Pileta 2, ni en profundidad ni en superficie. El tipo de suelo arcilloso favoreció la contención de las fracciones móviles en medio acuoso durante los años que la pileta fue explotada, como resultado no se registró pluma de contaminación subterránea ni afectación a la vegetación autóctona circundante, que no mostró alteraciones de distribución, ni riqueza ni diversidad debido a la presencia y uso de la pileta.

Las características del subsuelo permitieron diseñar el sistema de remoción superficial y tumbado de taludes para la rápida eliminación del material impactado con hidrocarburos y la recuperación topográfica de las dos secciones secas de la pileta.

El proceso de remediación biológica se vio favorecido por el clima cálido y la presencia de humedad en el material bajo tratamiento, lo que permitió que la disminución de la concentración de hidrocarburos comenzara incluso antes del agregado de los nutrientes y del proceso en sí mismo.

El proceso de revegetación de este sustrato actualmente sigue en curso con resultados alentadores. Las especies elegidas para la revegetación son de lento crecimiento y se desconocen parámetros de supervivencia de renovales en el ambiente natural como para poder comparar con los resultados de la experiencia, pero supera el 80% para todos los ejemplares plantados. Al no tratarse de un suelo verdadero, el crecimiento de los árboles se desarrolla al mismo tiempo en que el material se asienta, por lo que algunas zonas están mostrando mayores rendimientos que otros. La aparición de una zona deprimida en el centro-oeste del área replantada significó la mortandad de algunos ejemplares; sin embargo, la misma crea un ambiente mucho más rico, con vegetación y fauna que se establece en la zona. Se han informado aves de los órdenes Charadriiformes y Anseriformes, que visitan la zona anegada con frecuencia.

Concomitantemente con el estudio realizado en el área, otras especies están invadiendo paulatinamente el área remediada, e incluso mostrando crecimientos más rápidos que los de las especies plantadas. La medición del proceso de colonización por parte de plantas pioneras no fue objeto de este estudio y no se ha intervenido en su contención, aun cuando pudieran competir por el espacio, la luz y los nutrientes con las especies plantadas. Se han observado ejemplares de Vinal (*Prosopis ruscifolia*) y Palán palán (*Nicotiana glauca*) como especies pioneras dominantes.

Debido a la presencia de agua y de vegetación nueva, el área fue cercada para evitar el ingreso del ganado bobino presente en la zona. Se colocaron cercos eléctricos con boquero de los autorizados para la actividad pecuaria.

El método que dio mejores resultados fue el uso de WBX, que mostró un crecimiento y una supervivencia mayor a los otros métodos. El riego por goteo, al no ser soportado adecuadamente debido a lo remoto del área dio valores cercanos a los testigos. El método de hidrogel mostró valores de crecimiento incluso menores que los testigos.

El proceso de remediación y revegetación de un área afectada de la magnitud presentada en este trabajo no tiene antecedentes en la zona oeste de la provincia de Formosa o en la cuenca noroeste. Esta experiencia ha involucrado a todo el personal de la empresa y a la comunidad originaria de la zona que ha seguido el proceso desde su comienzo. El convenio con la escuela Agrotécnica El Quebracho refuerza el compromiso de la compañía con las comunidades e instituciones en la zona, promoviendo el desarrollo de jóvenes y la recuperación del ambiente a través de acciones concretas. ■

## Bibliografía

1. Caracterización Pileta Evaporación/Infiltración N°2 – Área de Explotación El Chivil – Pachá Consultora Ambiental – Agosto 2012 .
2. Resolución 341/93. Secretaría de Energía de la Nación.
3. Proyecto GEF “Manejo sustentable de bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano”, Sitio Piloto Formosa. [www.paschaco.com](http://www.paschaco.com)