

EXPERIENCIA DE REVEGETACIÓN CON EJEMPLARES DE PALO SANTO (BULNESIA SARMIENTOI) Y ALGARROBO BLANCO (PROSOPIS ALBA) EN UN AREA PETROLERA EN EL BOSQUE CHAQUEÑO DE FORMOSA

Pablo Arabadjian (pabloarabadjian@madalenaenergy.com), Irene Rives (irenerives@madalenaenergy.com), Diego Rosa (diegorosa@madalenaenergy.com)
Madalena Energy Argentina SRL.

Sinopsis

La remediación de una pileta de infiltración en el Yacimiento El Chivil, en el Departamento Ramón Lista fue ejecutada durante los años 2012 a 2014. La pileta había sido utilizada por operadoras en la zona desde la década del 70 en adelante, constituyéndose como el principal pasivo ambiental de la empresa. El proceso, que tomó dos años y medio entre caracterización y muestreo final resultó exitoso y una de las primeras experiencias de remediación de este tipo en el Oeste Formoseño. Una vez terminado el proceso de remediación biológico, en el año 2015, se plantaron ejemplares de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi*) y Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) como experiencia de recuperación del área con árboles autóctonos del bosque chaqueño. El área sufre al mismo tiempo un proceso de colonización de vegetación nativa como el Vinal (*Prosopis ruscifolia*) y otras plantas arbustivas.

La experiencia fue realizada dentro de un convenio con la Escuela Agrotécnica de El Quebracho como parte del Programa de Relaciones con la Comunidad de Madalena Energy. Se plantaron 196 ejemplares de árboles usando tres tipos distintos de sistema de riego; por goteo, acumulación de agua, e Hidrogel.

La caracterización de la antigua pileta, de unos 5000 m² de superficie, la técnica y resultados de remediación, que incluyó zonas con biopilas y zonas de atenuación natural junto con el análisis de resultados de la técnica de plantado de árboles son analizados en el presente trabajo.

Los Resultados de la remediación demostraron que el método utilizado, basado en remediación biológica fue suficiente para llevar la concentración de Hidrocarburos Totales por debajo de los valores requeridos por la Autoridad de Aplicación. Los resultados de supervivencia de sembrado de árboles autóctonos son alentadores, a pesar de la salinidad del suelo remanente, con supervivencias cercanas al 80% para el caso de los riegos con sistema de acumulación de agua. La salinidad post-tratamiento de suelo, parches de remanentes de hidrocarburos y acumulación de agua superficial fueron encontradas como limitantes de crecimiento de las especies sembradas.

La presencia de aves del Orden Charadriiformes como el Pitotoy chico (*Tringa flavipes*), Chorlito de simple collar (*Charadrius collaris*) y Tero común (*Vanellus chilensis*) y Anseriformes como el Pato de collar (*Callonetta leucophrys*), sumándose a una lista de aves Passeriformes que frecuentan el lugar dentro del área de remediación se identifican como indicadores del éxito de la remediación – plantación en su conjunto como iniciativa de devolución del área al ecosistema y paisaje natural del área.

Introducción

La restauración de áreas afectadas por vertidos de agua de producción y petróleo dentro de un área exploración petrolera ha sido ampliamente reportada en la bibliografía local e internacional, sin embargo, la reforestación con especies arbóreas autóctonas y de interés económico para la zona del bosque chaqueño tiene pocos antecedentes. El presente 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 Km². El yacimiento fue descubierto en 1987, cuenta con una producción acumulada de 326.518,2 m³ y 5 pozos perforados. A través del Decreto 1766/90 el área pasó de manos estatales a ser operada 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.

Ocupando un área de 40.000 m², con 250 metros de largo y 160 metros de ancho el área 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 (Ver Figuras 1 y 2). Al momento de la caracterización se encontraron algarrobos (*Prosopis sp*), vinal (*Prosopis ruscifolisa*), vinalillos (*Prosopis vinalillo*) y breas (*Parkinsonia praecox*). Esta pileta presentaba evidencia de ser utilizada por ganado para proveerse del agua de lluvia acumulada.



Figura 1: Ubicación Área de Proyecto

Por el contrario, la Pileta 2, de tamaño menor, se encontraba separada en dos piletas menores, una de 80 metros por 55 metros conteniendo agua de producción e hidrocarburos, y la otra de 120 metros por 55 de ancho con evidencia de hidrocarburos en los taludes y en el fondo y acumulaciones salinas de gran extensión (Ver fotografías 1 y 2).

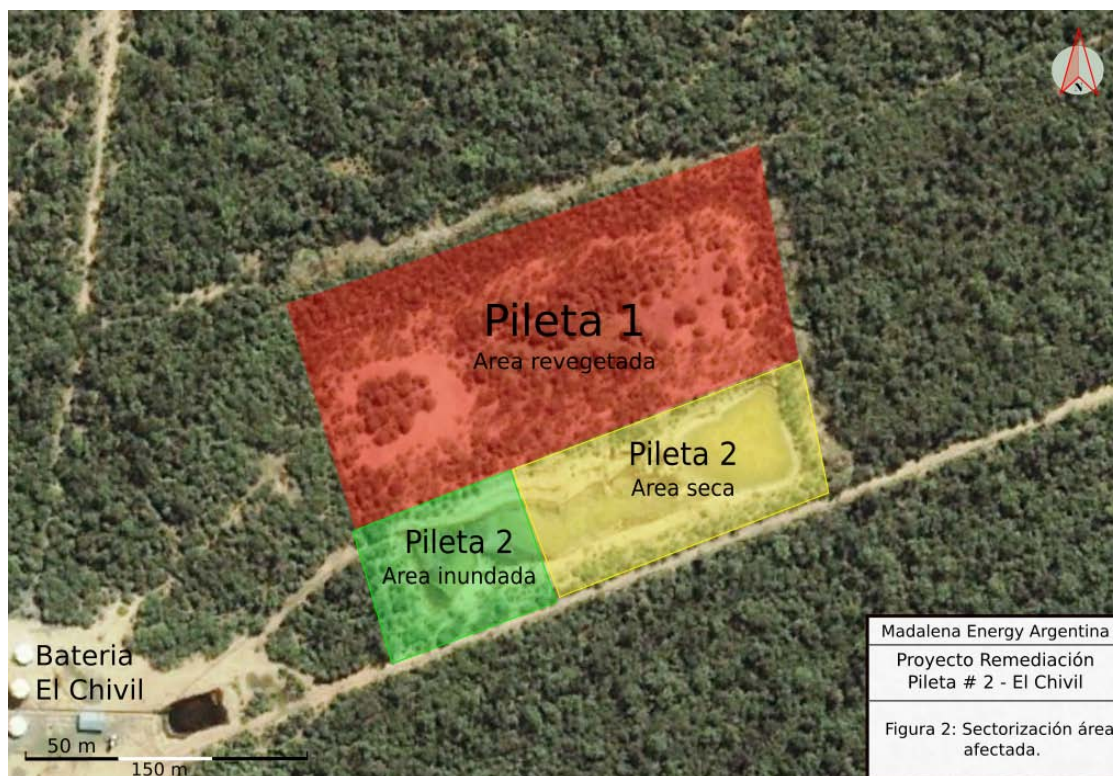


Figura 2: Sectorización área afectada

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.



Fotografía 1: Sección seca de la Pileta 2



Fotografía 2: Sección inundada de la Pileta 2

El proyecto de remediación comenzó con la caracterización de la pileta a nivel superficial y en profundidad. Se evaluó en un principio la potencialidad de 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 la idea de terminar el proyecto con un proceso de revegetación con plantas autóctonas fue considerada aunque este punto no fue cabalmente evaluado 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, la recomposición geomorfológica y la estructura del sustrato donde plantar los árboles debería considerarse también.

Desarrollo

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

Primera Etapa: Caracterización:

Con el fin 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 y/o 3,0 metros, seleccionadas de acuerdo a la inspección del perfil. Adicionalmente se tomaron 6 muestras de suelo a 1,5 m de profundidad en el sector correspondiente a la ex - pileta N° 1 (Puntos azules en la Figura 3), y dos muestras testigo a 1,5 y 2,5 metros 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

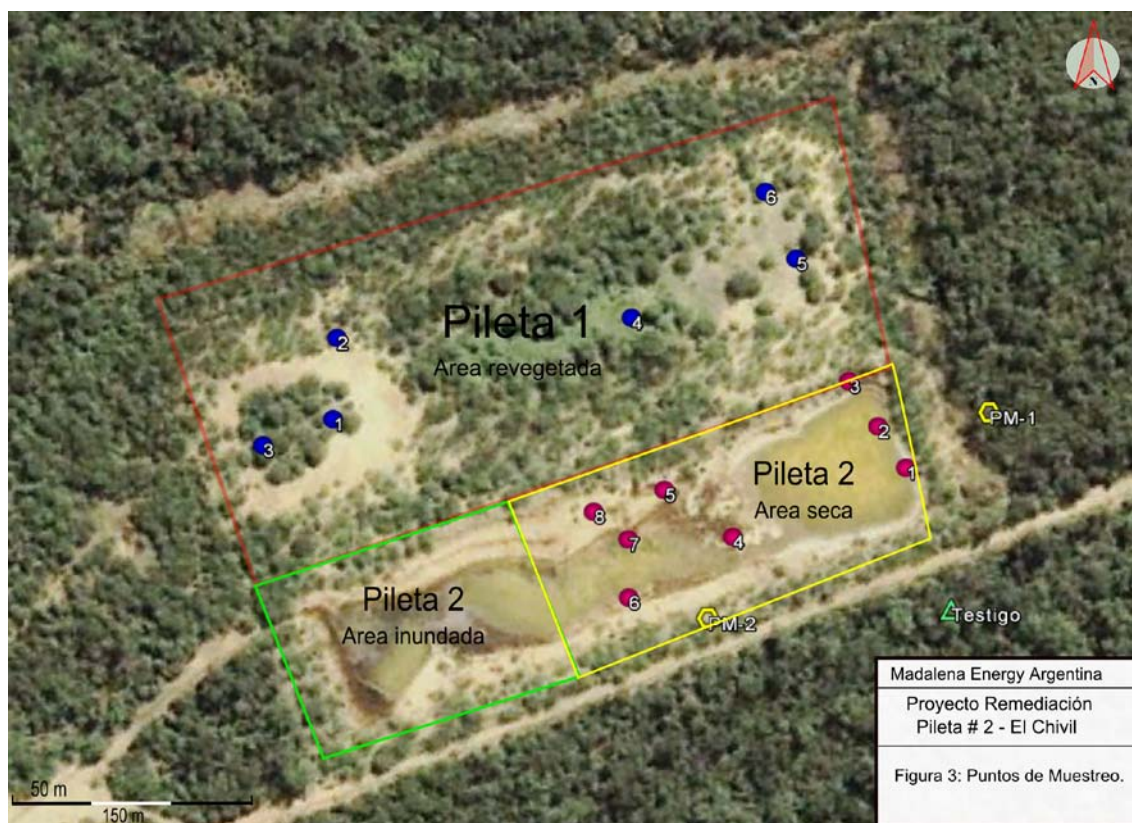


Figura 3: Puntos de Muestreo

Las muestras fueron analizadas con una batería de parámetros que incluyeron Hidrocarburos Totales (EPA 5021 A/3550 C/8015C); Una batería de compuestos aromáticos (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 N° 2 (pozo de monitoreo 1 y 2 respectivamente) (Fig. 3). Ambos pozos se perforaron hasta una profundidad de 15 m.

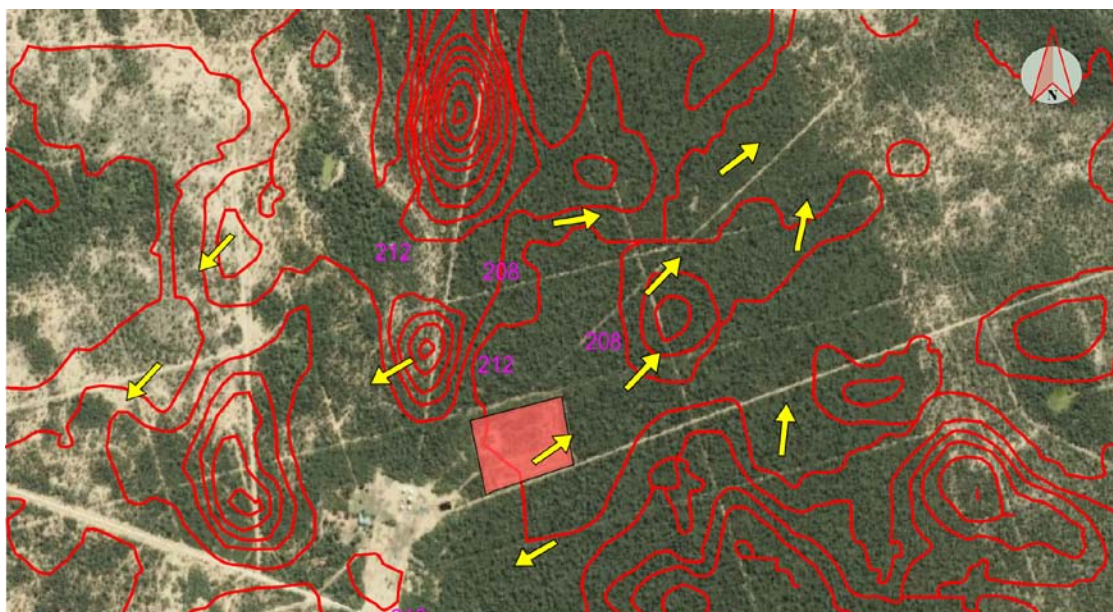


Figura 4: Curvas de nivel y sentido de escurrimiento

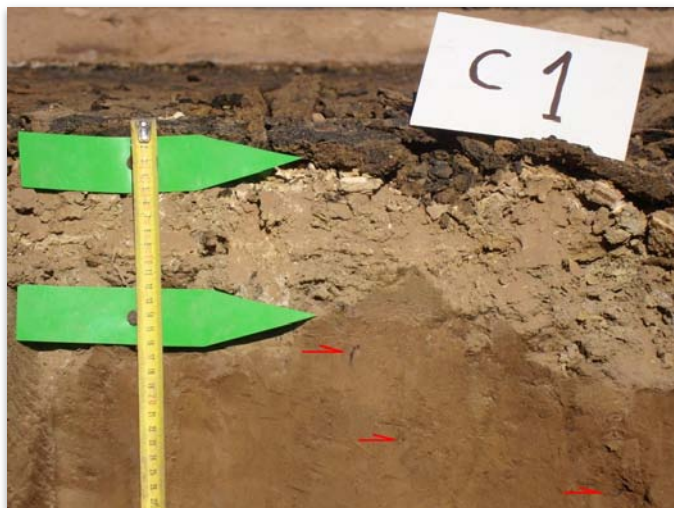
Para evaluar si había alguna afectación de los niveles radicales de la vegetación circundante, que pudiera dar evidencia de la existencia de una pluma de contaminación en un nivel acuífero libre, se realizó un estudio de las comunidades vegetales circundantes.

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 %), siendo el mistol (*Ziziphus mistol*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) las dos especies de mayor abundancia relativa. Más lejos de las piletas, la dominancia se incrementa ligeramente (46 %), correspondiendo al quebracho blanco y el palo santo (*Bulnesia sarmientoi*) las mayores abundancias relativas.

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



Fotografía 3: Corte de calicata. Zona con HC



Fotografía 4: Sondeo en búsqueda de niveles de contaminación

Los resultados de los sondeos de suelos con las calicatas y en cercanías de la piletta 2 mostraron que los perfiles se hallaban libres de hidrocarburos (Fotografía 4). No se halló agua en profundidad aunque cuando se construyeron los pozos de monitoreo a 15 metros 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 Piletta N° 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, siendo la excepción la muestra del punto 9 a 3 metros de profundidad donde se superó ligeramente este valor. En ningún caso se reportaron metales pesados o compuestos aromáticos.

Parámetros	Unidades	M1 (1.5 m)	M2 (3 m)	M3 (1.5 m)	M4 (1.5 m)	M7 (3 m)	M8 (3 m)	M9 (1.5 m)
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	(μS/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 piletta N° 2

La conductividad eléctrica y la salinidad, reflejan que los suelos son extremadamente salinos, en su mayor parte producto del agua de producción acumulada por años 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 y 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 encuentran por debajo o ligeramente por encima del valor de referencia.

Sector de la Ex - Pileta N° 1

En la ex - pileta N° 1, el suelo se presenta libre de concentraciones detectables de hidrocarburos (Ver 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 está teniendo el sector.

Parámetros	Unidades	P1 (1.5 m)	P2 (1.5 m)	P3 (1.5 m)	P4 (1.5 m)	P5 (1.5 m)	P6 (1.5 m)
Hidrocarburos totales (TPH) (mg/kg)	(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 (μS/cm)	(μS/cm)	4390	7750	2950	2020	4460	5320
Conductividad del extracto de saturación (dS/cm)	(dS/cm)	> 20.0	> 20.0	> 20.0	> 20.0	> 20.0	> 20.0
Salinidad		Extremadamente salino					
Humedad (% p/p)	(% p/p)	6.9	9.0	5.0	7.8	10.1	13.2

Tabla 2: Resultados muestreos Pileta 1

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 m². 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 a tratar en este sector es de aproximadamente 624 m³.

Para el caso de la sección con acumulación de agua. El mismo tiene un ancho promedio de 54 m y una longitud de 82 m, siendo su superficie de 4.387 m².

El volumen de líquido contenido era de aproximadamente 6.580,5 m³, 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 a tratar se estima entre 8.800 y 13.200 m³, 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 incluye:

Etapla 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.

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

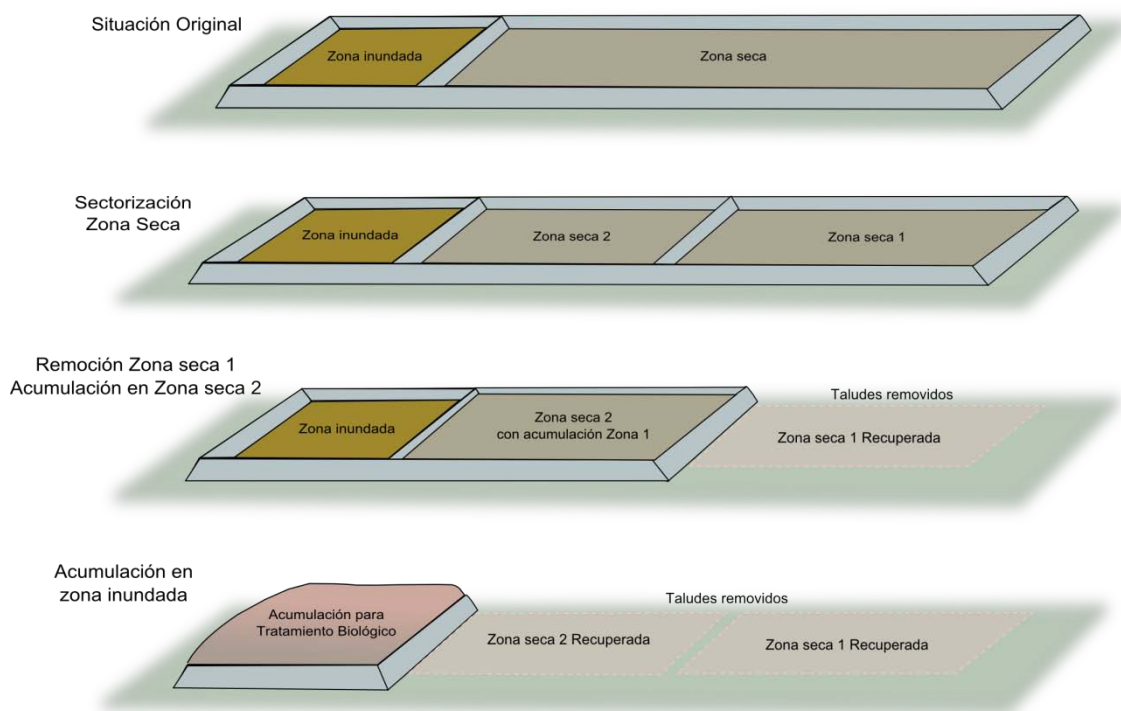


Figura 5: Proceso de remediación superficial

Etapla 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.



Fotografía 5: Proceso de mezclado con nutrientes

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



Fotografía 6: Pileta 2 completamente remediada

Tercera Etapa: Forestación

Esquema de 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 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 el mes de 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.

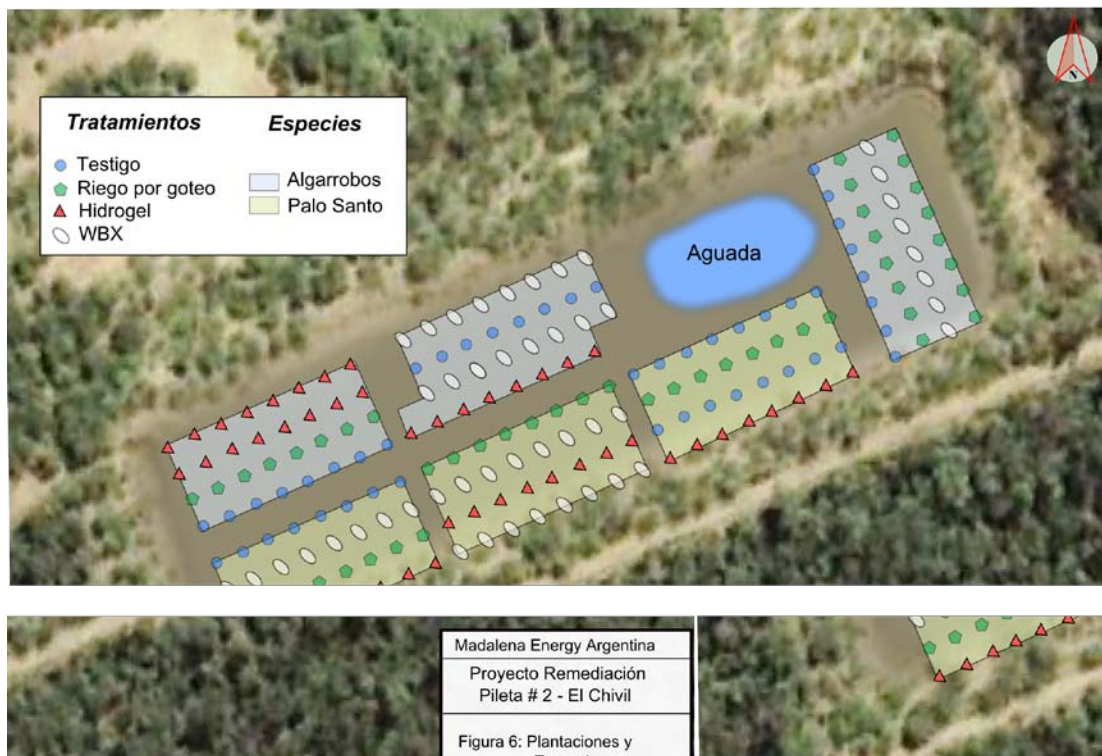


Figura 6: Plantaciones y tratamientos

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

Cómo funcionan los tratamientos:

WBX: Acumuladores de agua

Provee la acumulación, almacenaje y 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 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 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.



Fotografía 7: Sistemas artificiales de retención de agua



Fotografía 8: Protección de plantines con malla plástica

Resultados de la plantación:

Supervivencia:

El 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 otras que se anegaron. La mortandad sobre ejemplares de algarrobo alcanzo 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 mortandad fueron en general menores, representando un 3% para el caso del Palo santo y un 15% para los algarrobos.

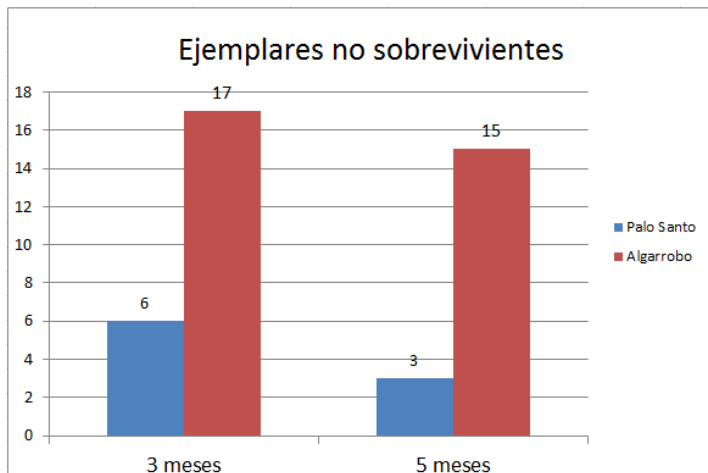


Figura 7: Ejemplares no sobrevivientes por muestro

La mortandad fue provocada por las características salobres del suelo; el tratamiento más perjudicado fue el tratado con hidrogel. Fuera de esto 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 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 2 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.

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.

También se cambiaron algunas réplicas del Tratamiento testigo, que 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.



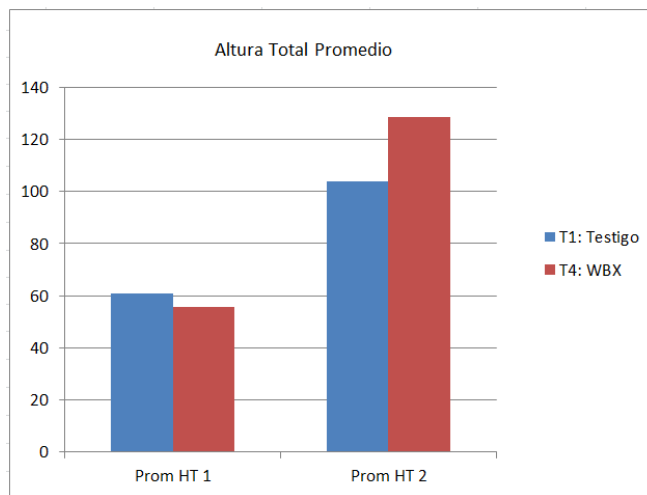
Fotografía 9: Medición de crecimiento

a. Plantación de Algarrobos

Con respecto a las plantaciones de Algarrobos, 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.

Tabla 3: Alturas y Diámetros de la primera y segunda medición

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



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

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)

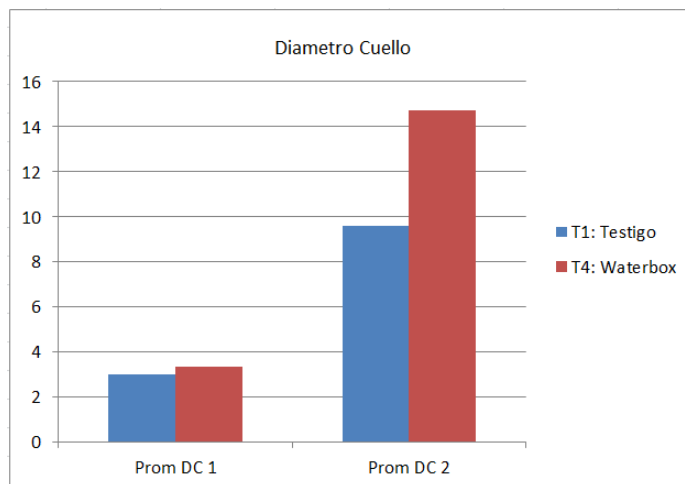
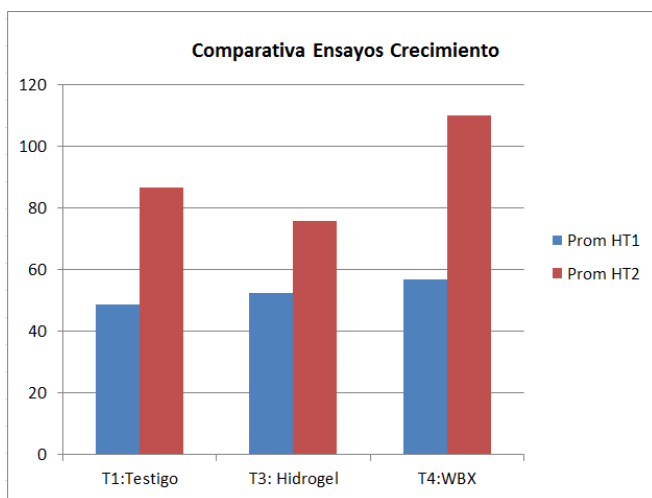


Figura 9: Diametro de cuello comparativo

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 crecimiento Palo Santo

Conclusiones

El muestreo del área concluyó 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 sigue en curso al momento de cerrar el presente trabajo con resultados que son 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 reportado aves de Ordenes 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, 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 pudieren competir por espacio, luz y 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 boyero de los autorizados para la actividad pecuaria.

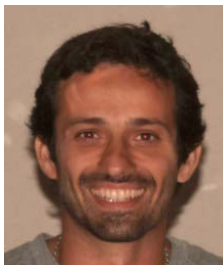
El método que mejor resultado arrojó, fue el uso de WBX, que mostró un crecimiento y una supervivencia mayor a los otros métodos. El riego por goteo, al no poder ser soportado adecuadamente debido a lo remoto del área arrojó valores cercanos a los testigos. El método de hidrogel mostró valores de crecimiento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

CV Autores



Pablo Rodrigo Arabadjian: Ingeniero Ambiental de la UCA en 2001, con una Diplomatura en Gestión de la Calidad en el ITBA.

Ha desempeñado roles en la Industria del Petróleo y del Gas desde 2010 comenzando en Gran Tierra Energy Argentina y luego en Madalena Energy Argentina, donde actualmente se desempeña como Supervisor en el

Departamento de Ambiente, Seguridad y Relaciones con la Comunidad.

Previo a desempeñar funciones en empresas del rubro petrolero, tuvo a cargo el área de RRHH, Seguridad, Salud y Ambiente en un Operador de residuos peligrosos durante 7 años.



Irene Rives: Licenciada Ambiental graduada de la Universidad del CAECE en 2011; cuenta además con un segundo título, Licenciada en Nutrición de la UBA de 2001.

Ha desempeñado roles en la Industria del Petróleo y del Gas desde 2006 comenzando en Gran Tierra Energy Argentina y luego en Madalena Energy Argentina, donde actualmente se desempeña como Especialista en el

Departamento de Ambiente, Seguridad y Relaciones con la Comunidad.

Ha liderado la ejecución de los planes de Relaciones con la Comunidad en la empresa desde su comienzo en 2010. Su responsabilidad incluye además la coordinación y la ejecución por parte del equipo profesional de Sociólogas y Antropólogas en campo de las acciones establecidas en

los planes de Responsabilidad Social. Coordina y participa también en proyectos ambientales, remediaciones ambientales, licencias, monitoreos ambientales y tareas de salud ocupacional.



Diego Alfonso Rosa: Licenciado en Ciencias Biológicas de la UBA en 1998, con Posgrado en Ingeniería Ambiental de la UTN en 1999 y Seguridad e Higiene de la UBA en 2011. Ha desempeñado roles de creciente responsabilidad en la Industria del Petróleo y del Gas desde 2006, pasando por las empresas Apache Energía Argentina, Gran Tierra Energy y Madalena Energy, donde actualmente se desempeña como Gerente del Departamento de Ambiente, Seguridad y Relaciones con la Comunidad. Previo a unirse a Apache trabajó desde el 2001 en consultoría ambiental para diferentes empresas en el rubro petrolero, en remediaciones ambientales, estudios de impacto ambiental y monitoreos ambientales. Con anterioridad se desempeñó como consultor en industria general en tratamiento de efluentes líquidos y estudio de impacto ambiental. Fue consultor de la Auditoría General de la Nación durante 3 años y profesor de diversas materias en la Universidad Tecnológica Nacional y la Universidad Nacional de Lanús. En sus comienzos trabajó como investigador en el Laboratorio de Microbiología Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Es autor de varias publicaciones referidas a temas ambientales y co-autor del libro Aspectos técnicos, estratégicos y económicos de la Exploración y Producción de hidrocarburos, publicado por el Instituto Argentino del Petróleo. Ha participado activamente en comisiones de esta institución y de otras renombradas cámaras relacionadas a la industria.