



EXPERIENCIA DE REVEGETACIÓN CON EJEMPLARES DE PALO SANTO Y ALGARROBO BLANCO EN UN AREA PETROLERA EN EL BOSQUE CHAQUEÑO DE FORMOSA



Diego Alfonso Rosa
Pablo Rodrigo Arabadjian
Irene Rives

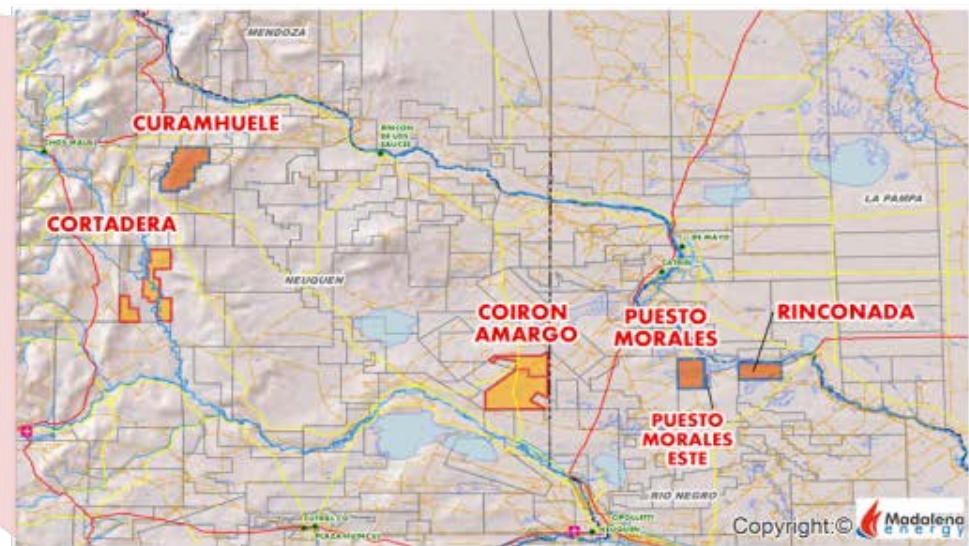
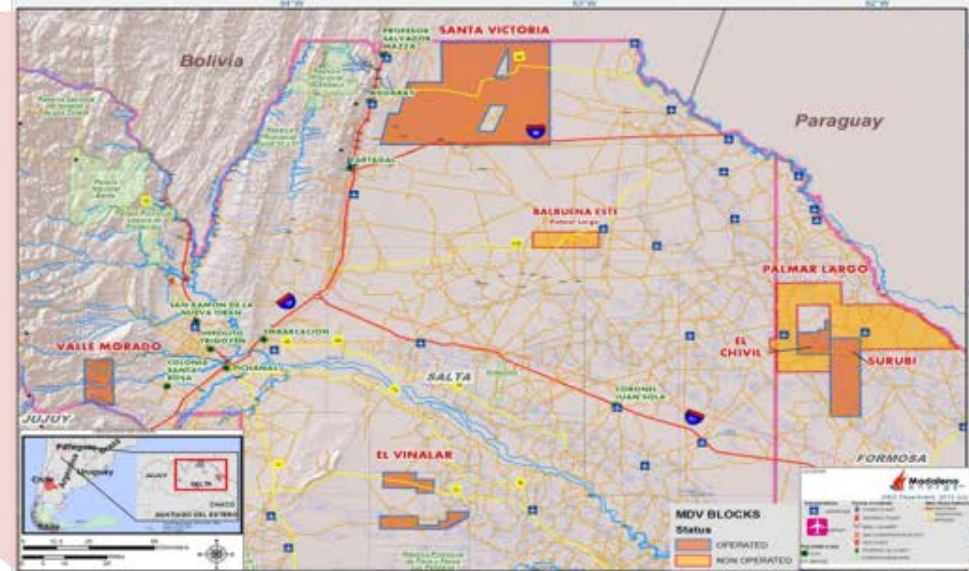


Madalena Energy es una compañía petrolera de Capitales Canadienses comprometida con su crecimiento en la Argentina.

Madalena cuenta con 12 bloques de concesión en Argentina y una producción de 2500 boed.

Emplea en forma directa a casi 100 personas.







El Desafío



Eliminar y remediar un pasivo ambiental de vieja data en el yacimiento devolviendo esta superficie al entorno natural.





**3° Congreso Latinoamericano y 5° Nacional de
Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente
en la Industria del Petróleo y del Gas**
"Estrategias para una gestión segura y sustentable"

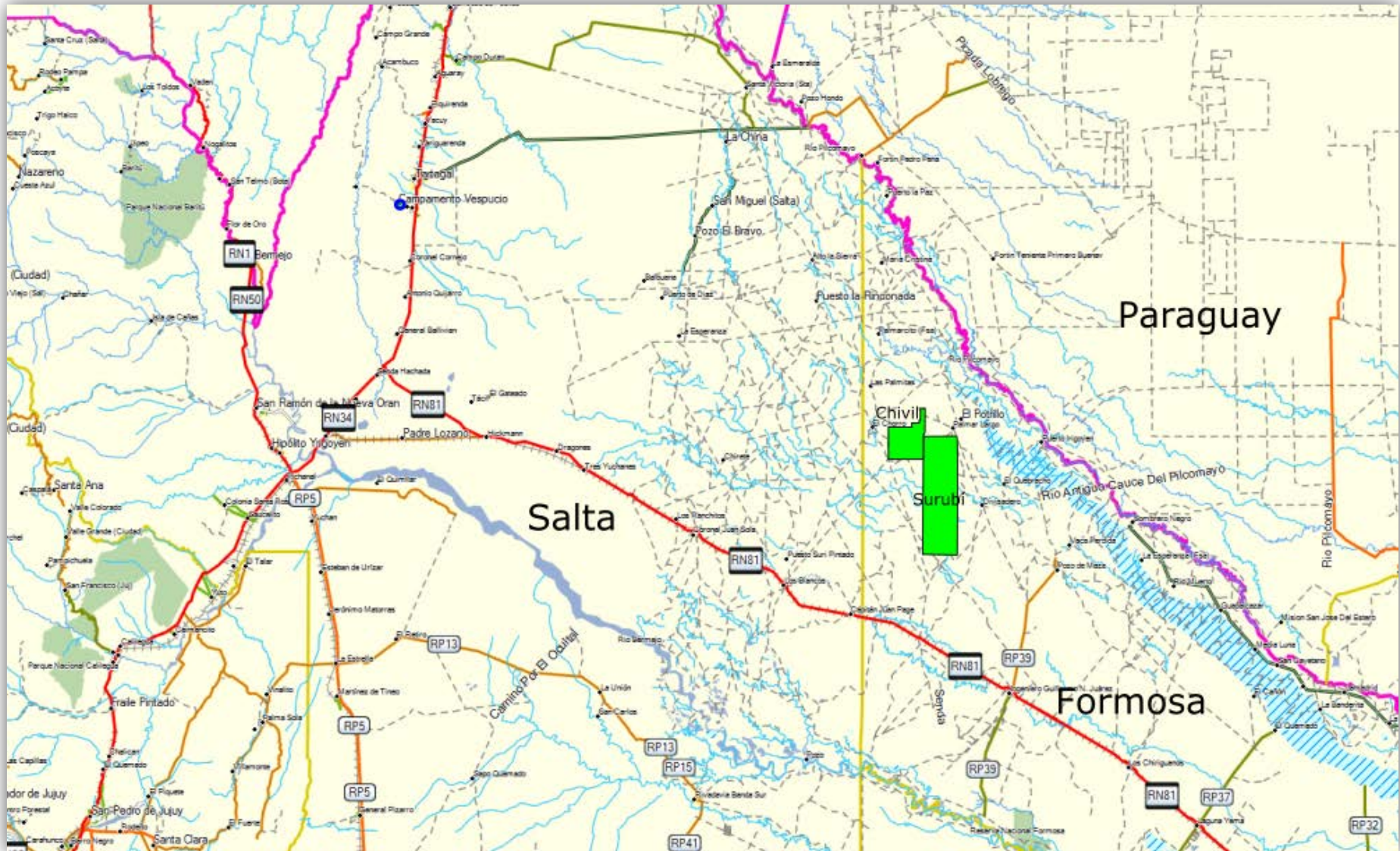
iapg INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

23 - 26 Agosto 2016
Sheraton Hotel Buenos Aires

Caracterización del área



Ubicación del Yacimiento





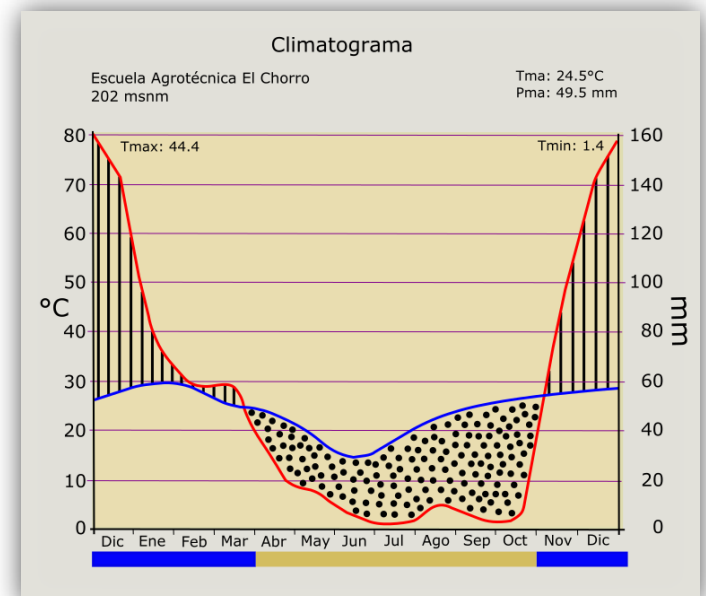
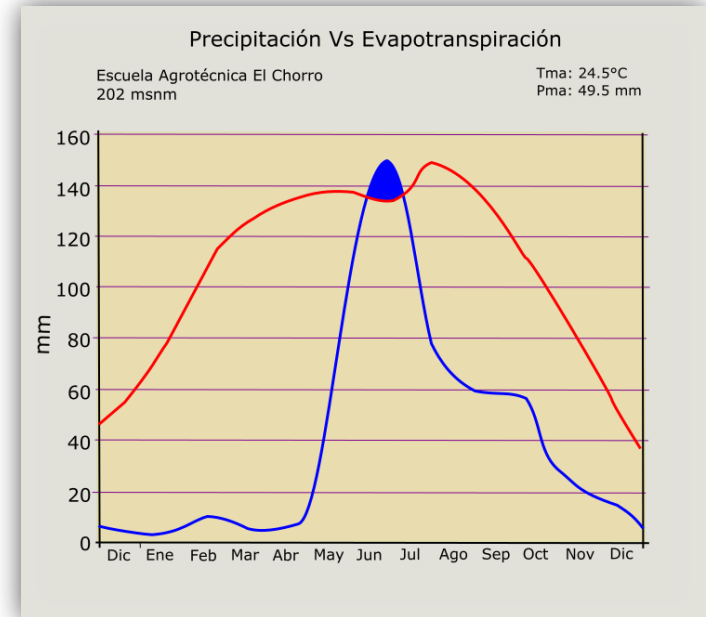
Clima

El clima es cálido, subtropical **semiárido**, fuertemente continental con estación seca en invierno.

Con temperaturas medias anuales superiores a los 23 °C, moderadas amplitudes térmicas estacionales (media de enero 28 °C, media de Julio 18°C)

La temperatura máxima supera los 40 °C. Régimen de **precipitaciones estacional en verano/otoño**.

Las lluvias escasas (400 a 600mm anuales) respecto del alto nivel de evapotranspiración estival, situación que genera un marcado déficit en el balance hídrico.





Área del Proyecto



Antigua pileta de
Evapo-Infiltración en
uso hasta 2010

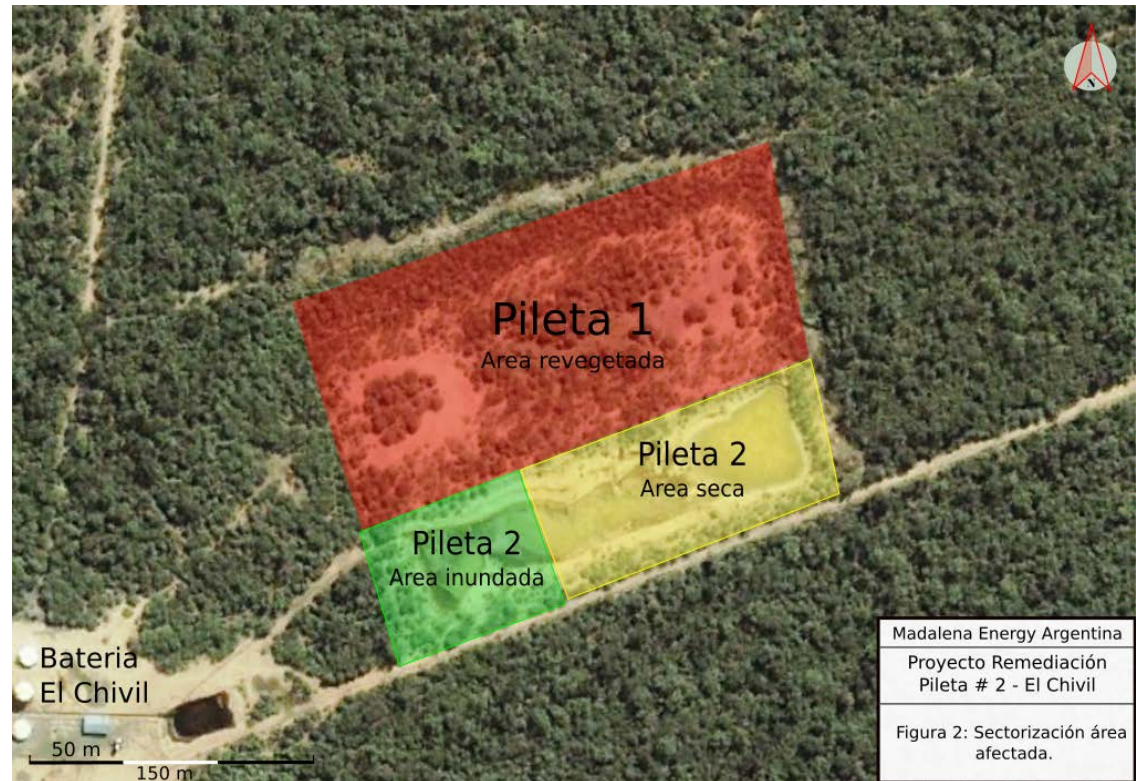
Usada para vertido de
agua de producción y
otros efluentes con
hidrocarburos.



Descripción General

23 - 26 Agosto 2016
Sheraton Hotel Buenos Aires

El área afectada originalmente estaba compuesta por 2 piletas. La mayor, la pileta 1 se encontraba en avanzado estado de revegetación y no presenta signos de haber sido utilizada.

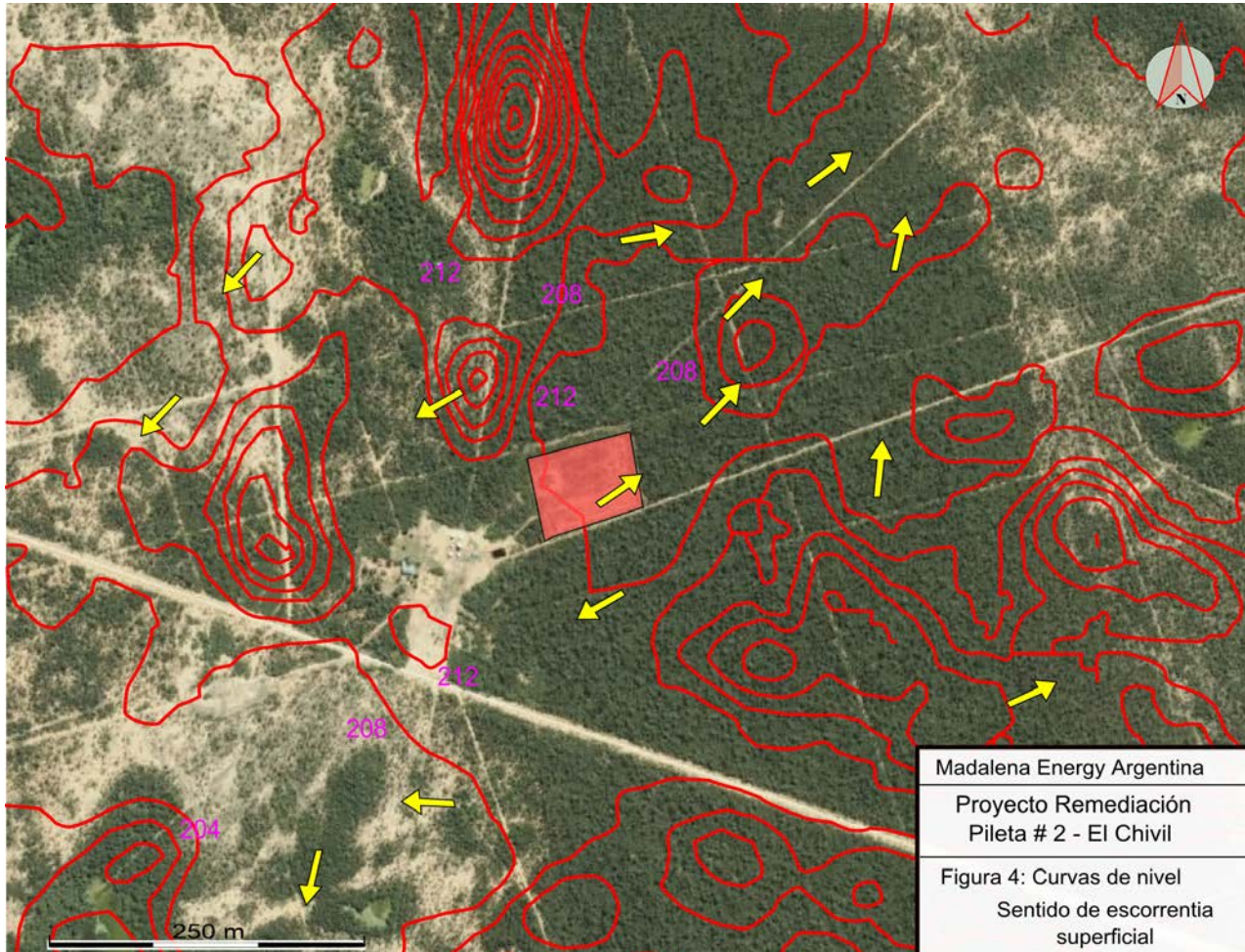


La sección de Pileta que denominamos 2 fue dividida en dos secciones de acuerdo al impacto que presentaban. Con una superficie total de 5000 m^2 . Se estima un volumen de material sólido de 12.000 m^3 a ser tratado.



Caracterización del sitio

Sobre la base de los escasos datos de acuíferos en la zona, y en base al DEM se estimó la dirección de flujo subterráneo. Se perforaron dos pozos de 15 metros de profundidad.



No se encontraron acuíferos activos en la zona hasta esa profundidad.

No se encontraron estratos con evidencia de portar agua.

No se encontraron restos de hidrocarburos en el perfil.

Se estimó un flujo de agua subterránea posible hacia el nor-este.



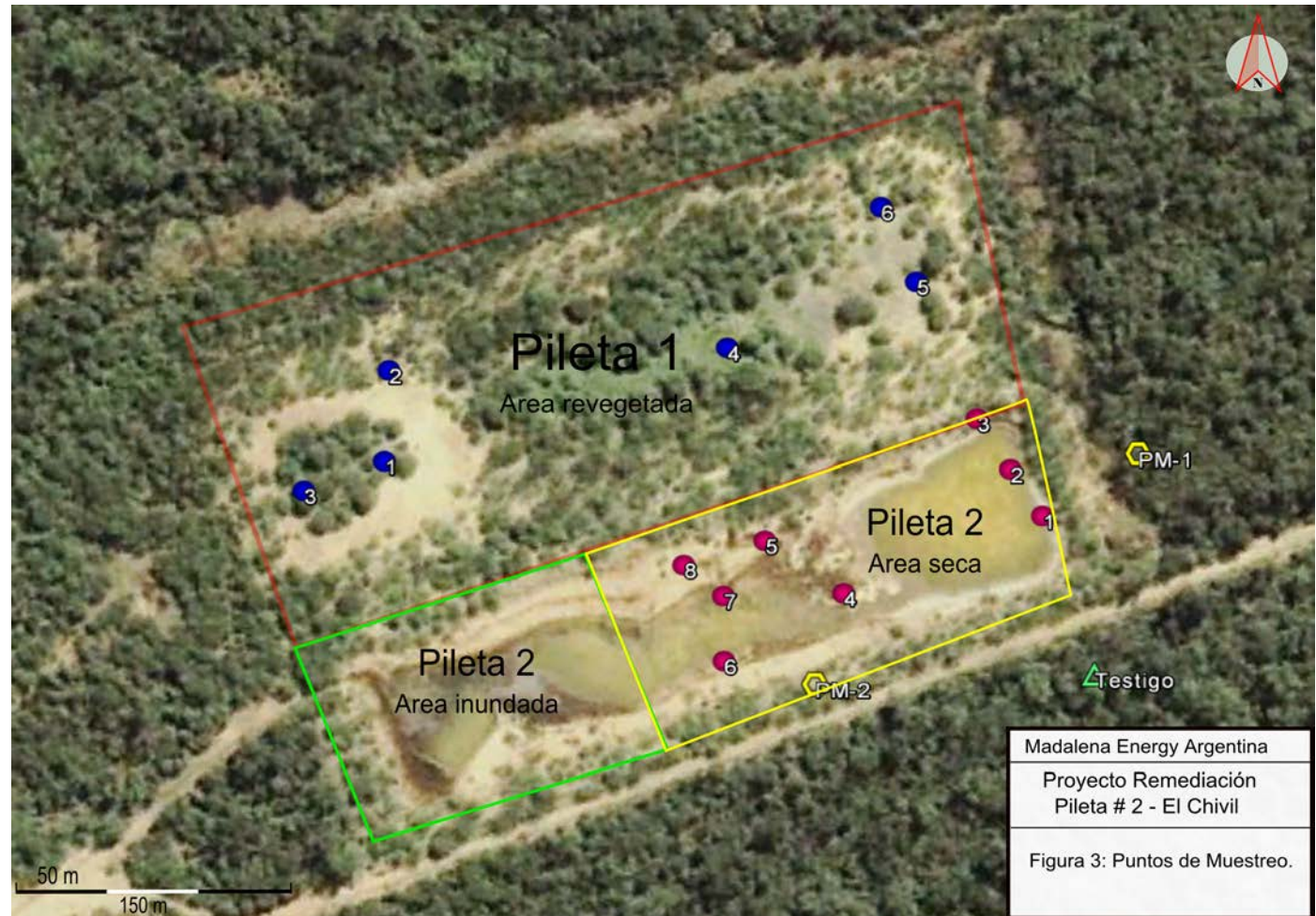
Caracterización del sitio

Calicatas de 3,5 m de profundidad en ambas secciones de la pileta.

Pileta 1: 6 puntos de muestreo con toma de muestra a 1,5 m

Pileta 2: 8 puntos de muestreo en la parte seca. Muestro a 1,5 y 3 m

Testigos: Un testigo aguas abajo y dos fuera del área. Muestras a 1,5 y 2,5 m



La caracterización superficial mostró ser muy variable dependiendo del lugar de muestreo. Hubo puntos por encima y otros dentro de los valores umbrales propuestos.



Resultados Caracterización

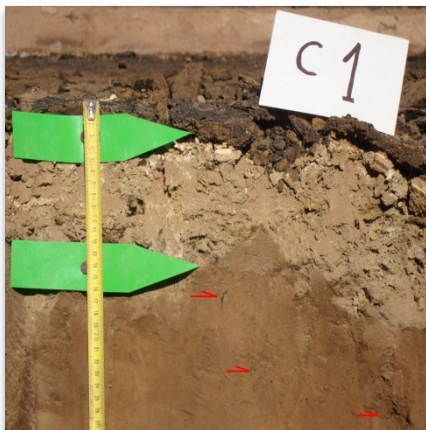
Pileta 1

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
Humedad (% p/p)	(% p/p)	6.9	9.0	5.0	7.8	10.1	13.2

Los valores en profundidad no superaron el límite de 10.000 mg/Kg
Los valores en superficie fueron muy heterogéneos, presentando
zonas de alta concentración y zonas por debajo del límite.

Pileta 2

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
Humedad	(% p/p)	16,6	13,9	21	6	13	19,1	15,6





Caracterización del sitio

Estudio Comunidades Vegetales:

Objetivo: Evaluar parámetros ecológicos para determinar si había afectación de niveles radiculares por la presencia de la pileta.

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.



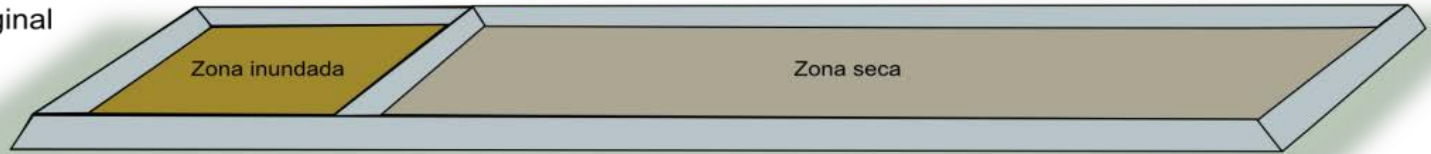
El Proceso de Remediación



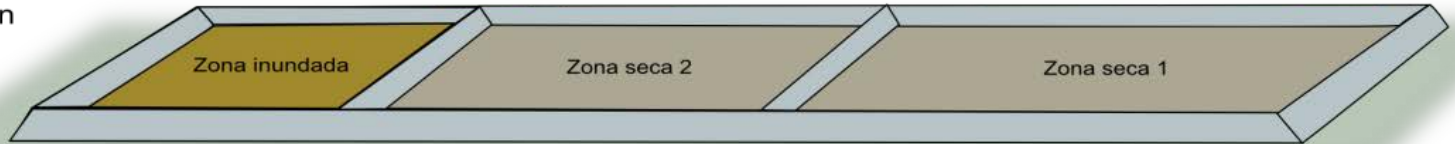
Proceso de Remedación

23 - 26 Agosto 2016
Sheraton Hotel Buenos Aires

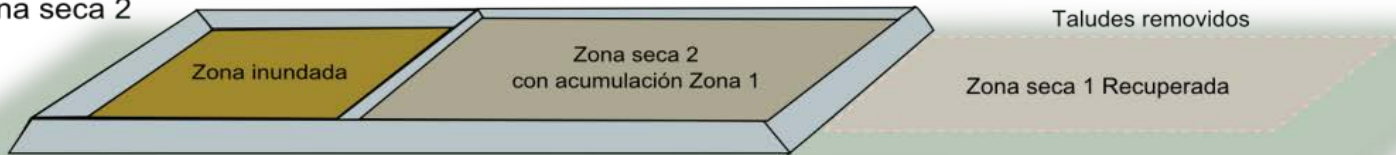
Situación Original



Sectorización Zona Seca



Remoción Zona seca 1
Acumulación en Zona seca 2



Acumulación en zona inundada





Proceso de Remediación

23 - 26 Agosto 2016
Sheraton Hotel Buenos Aires



Mayo 2013 – Construcción taludes



Agosto 2013 – Acumulación en Sector Sacrificio



2014 – Zona de Sacrificio



Zonas 1 y 2 Remediadas



Remediación Biológica

Septiembre 2014



El material acumulado en la zona de sacrificio fue mezclado con nutrientes para favorecer la actividad microbiana.

Se llevaron las condiciones de tratamiento y emplazamiento del material a las condiciones de una biopila.

Se dejó reposar de Septiembre a Enero cuando se niveló. El proceso siguiente sigue una atenuación natural.





Remediación Biológica



Experiencia de Revegetación



La Forestación

El Objetivo general de la forestación fue la recuperación del área remediada y su devolución al ambiente circundante.

La Escuela Agrotécnica N° 10 de El Quebracho presentó el diagrama de implantación y las metodologías de riego a ensayar y supervisó la totalidad del trabajo.

Los objetivos del ensayo de la Escuela fueron además la evaluación del efecto de cada tratamiento sobre la implantación y el posterior desarrollo exitoso del ejemplar plantado.





Las especies elegidas



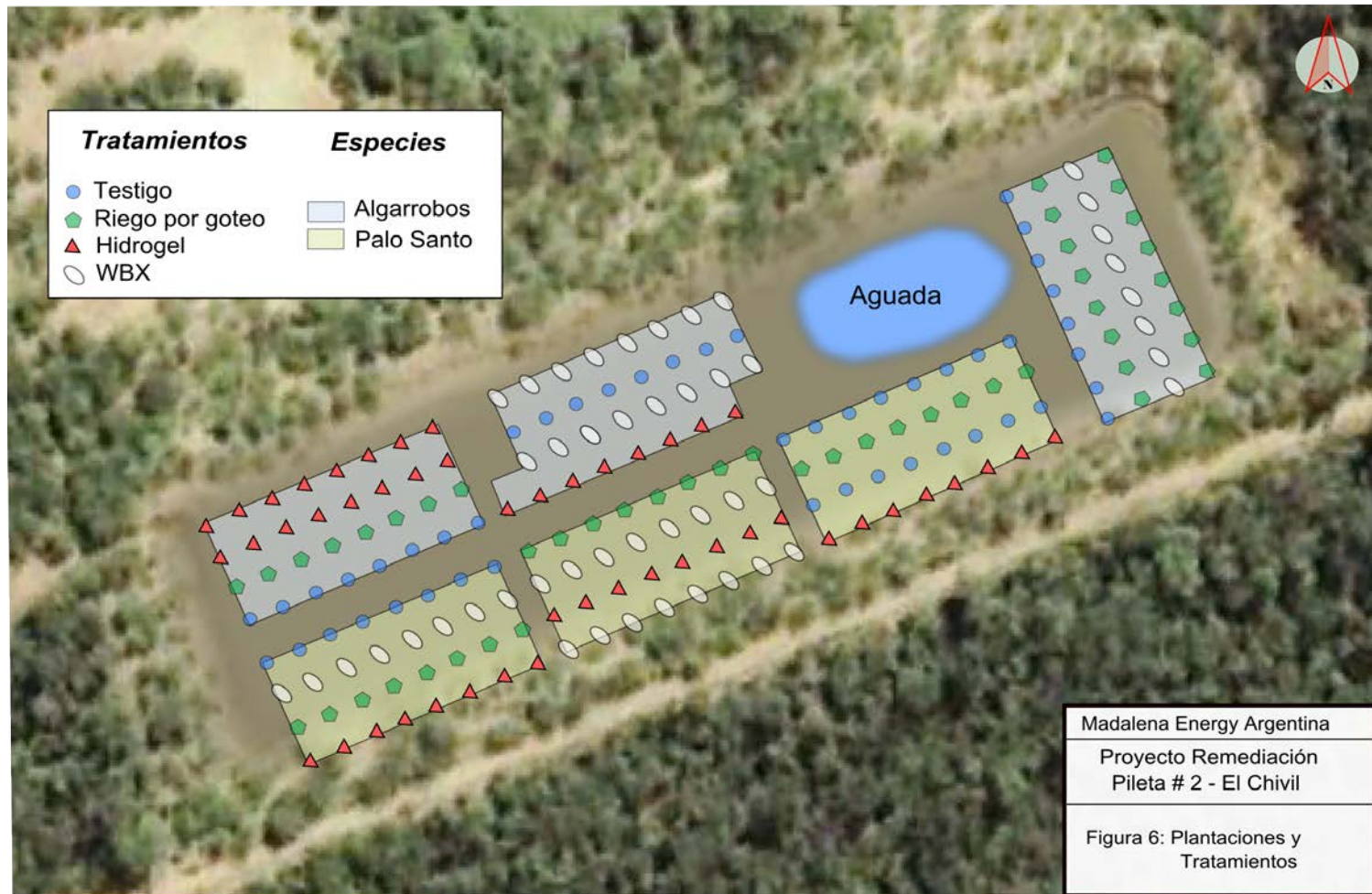
Algarrobo Blanco (*Prosopis alba*): Llega a medir 14 metros de altura. Crece en suelos de distinto tipo y salinidad, es resistente a temperaturas y condiciones climáticas extremas. Produce un efecto protector de suelo por su copa. Produce un fruto comestible. Sirve de refugio y fuente de alimento para el ganado.



Palo Santo (*Bulnesia sarmentoi*) : Es una especie amenazada en Argentina, de madera dura, puede tornearse y por lo tanto ser utilizada comercialmente. Ha sido sobreexplotada por lo ornamental de sus vetas y el delicado aroma que tiene. Es muy utilizado localmente en construcción



Diagrama de Ensayos



Para cada especie de árbol se plantearon cuatro ensayos con tres repeticiones cada una.

Riego por Goteo, Hidrogel, Acumulador y Testigo.



Tipos de Tratamientos

23 - 26 Agosto 2016
Sheraton Hotel Buenos Aires



Acumulador de agua



Hidrogel



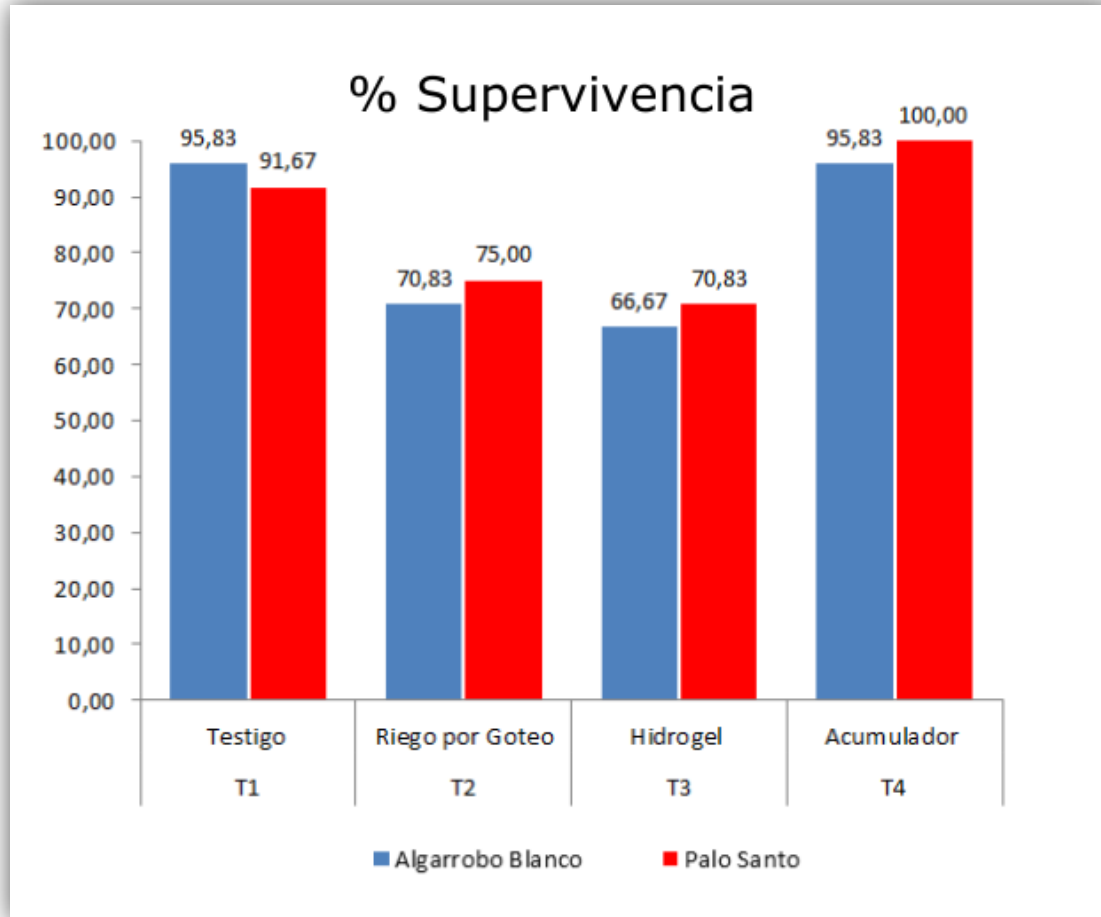
Testigo



Riego por goteo



Supervivencia



Inicio: Abril 2015

Agosto 2015: 17 ejemplares
muertos (9%)

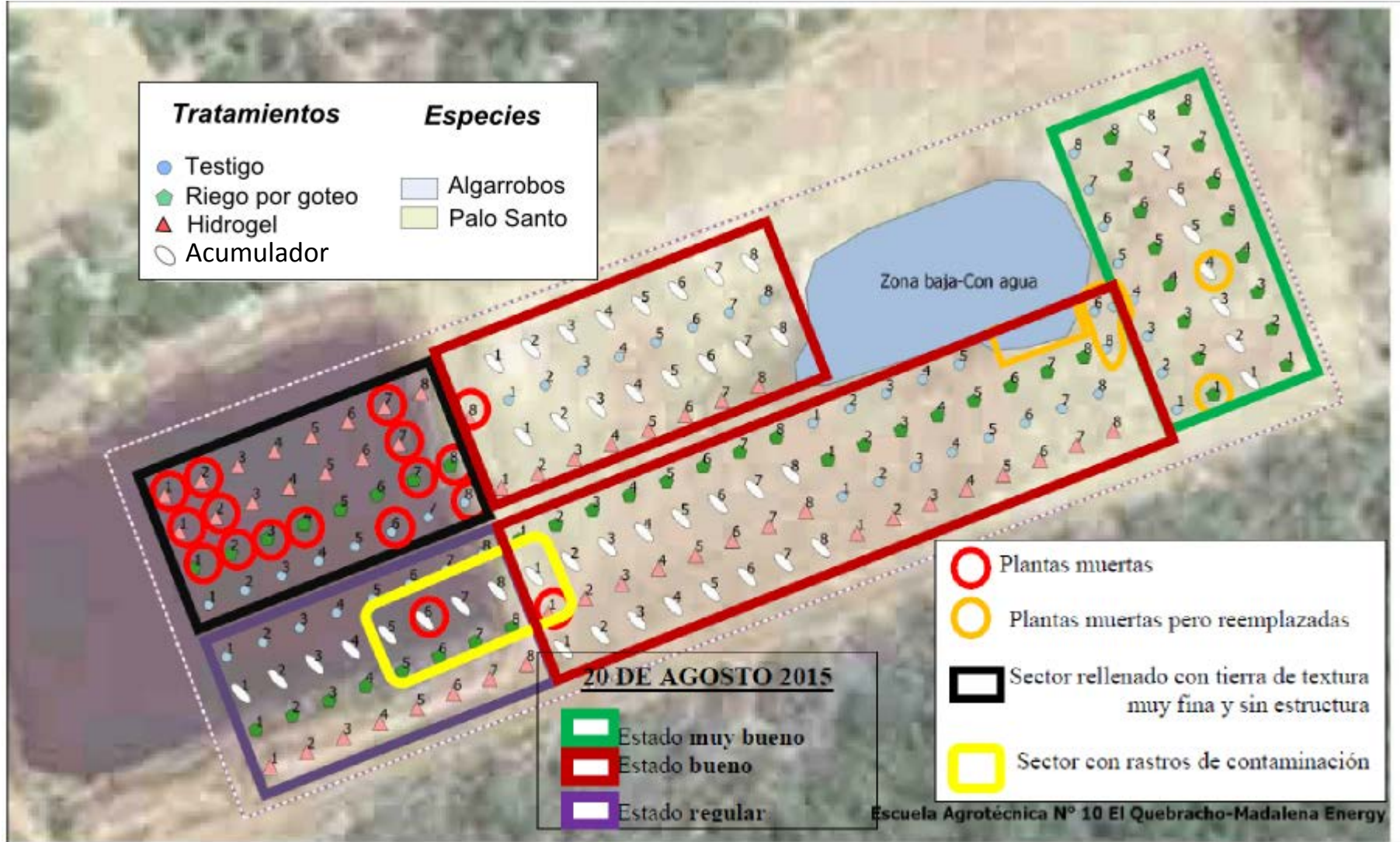
Julio 2016: 28 ejemplares
muertos (15%)

La mortandad fue provocada por las características del sustrato. La zona con mayor mortalidad fue la de sacrificio, lo que demostró que las condiciones de tratamiento podrían no ser suficientes para mantener el crecimiento de estas especies.

El tratamiento más perjudicado fue el tratado con hidrogel. El Resto de los plantines de ambas especies presentan un óptimo crecimiento con brotes y buen estado sanitario.



Supervivencia





Análisis de los Resultados

Se compara entre Testigo y Sistema Acumulador

Riego Por goteo: Se desestimó porque no pudo llevarse a cabo según se había propuesto. La mayor mortandad se dio sobre ejemplares de Algarrobo blanco.

Hidrogel: El comportamiento con este sistema de hidratación dio valores de crecimiento menores a los testigos, por lo que se supone que el gel actuó como barrera de nutrientes o bien creó cámaras de aire entre el suelo y el sistema radicular.

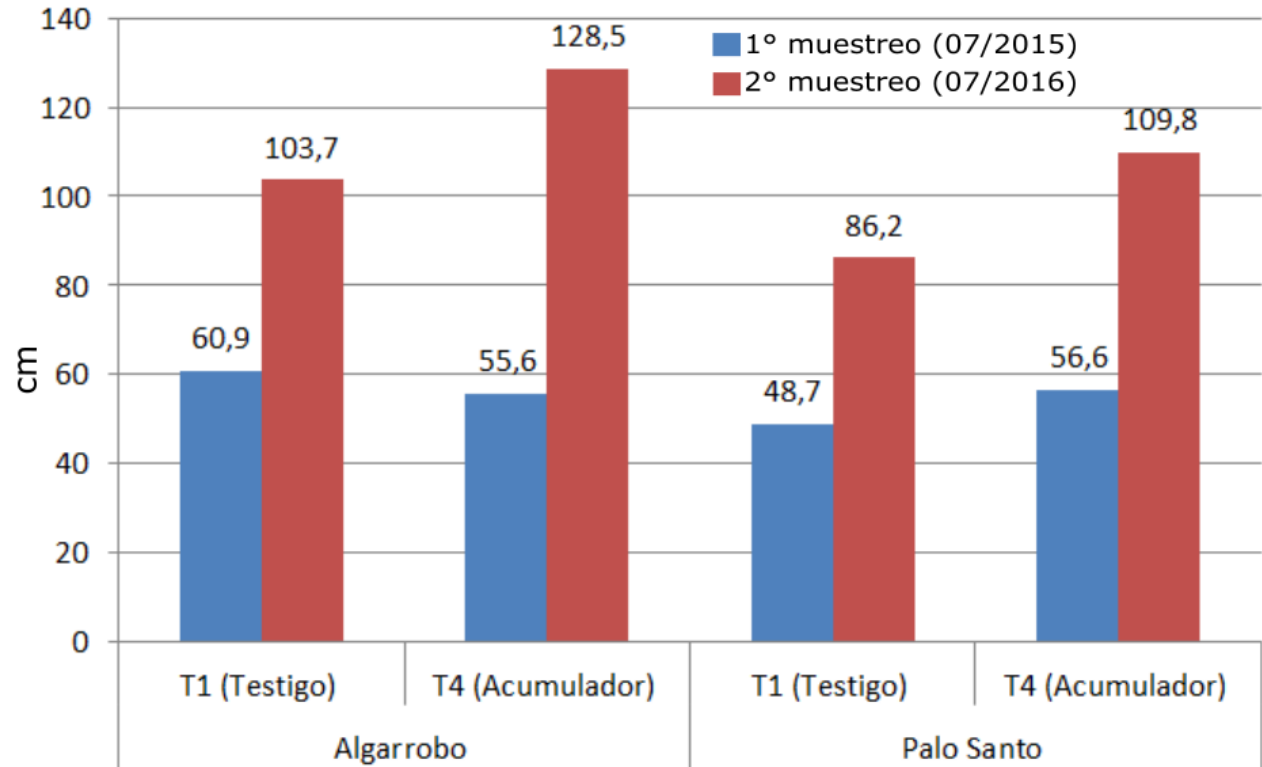


Crecimiento

Se analizan los crecimientos del tratamiento con acumulador y el testigo.

En ambos casos el sistema de acumulador presenta durante el segundo muestreo valores mayores a los registrados para el control.

Aunque estadísticamente no fueron significativas aplicando una ANOVA y test de Tukey.



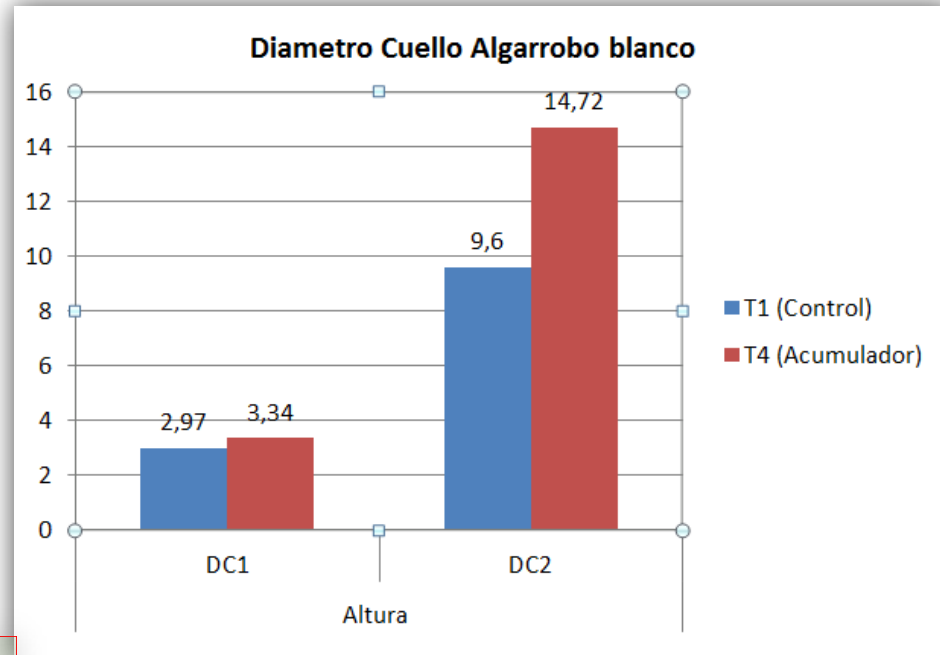
Especies	Ensayos	Altura (cm)	
		HT1	HT2
Algarrobo	T1 (Testigo)	60,9	103,7
	T4 (Acumulador)	55,6	128,5
Palo Santo	T1 (Testigo)	48,7	86,2
	T4 (Acumulador)	56,6	109,8



Crecimiento

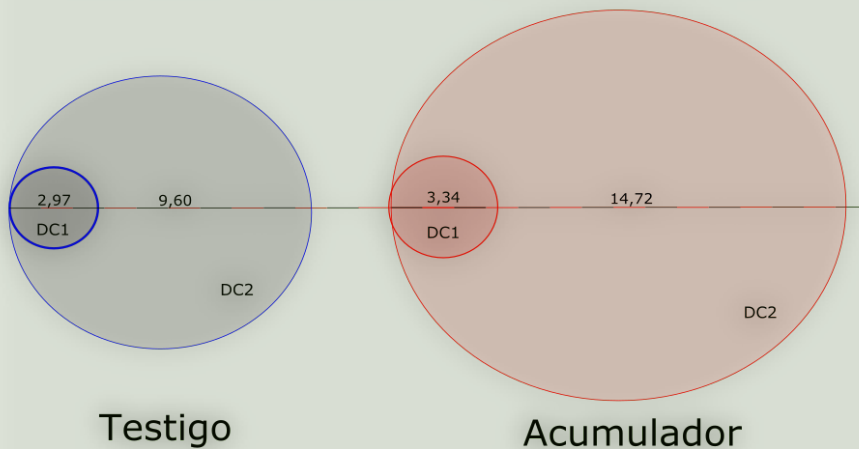
Las pruebas de crecimiento muestran que sí hubo diferencia significativa en el diámetro de cuello en ambas especies.

El diámetro de cuello es indicador de la robustez de crecimiento y el desarrollo del tallo.



La diferencia en crecimiento fue de aproximadamente el doble. El Testigo creció 6 centímetros en promedio y el Acumulador creció 11 centímetros aproximadamente.

Diámetro de Cuello - Algarrobo Blanco





Plantado



Primera medición



Segunda medición

Crecimiento zona Central



Julio 2016: Los Acumuladores fueron retirados





Conclusiones

1

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.

2

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.

3

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. La supervivencia supera el 80 % para todos los ejemplares plantados.

4

Se desarrolla naturalmente un proceso de revegetación con plantas pioneras como el Vinal (*Prosopis ruscifolia*) y Palán palán (*Nicotiana glauca*)

5

El método que mejor resultado arrojó, fue el uso del acumulador. El riego por goteo fracasó por la atención intensiva que requiere. El método de hidrogel mostró valores de crecimiento 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.



*Algunos de los ejemplares de aves autóctonas que han vuelto al
área remediada*



Agradecimientos

Escuela Agrotécnica N° 10 – El Quebracho
Especialmente a la Ing. Ftal. LUPIA, Natalia
Coord. Gral. Ens. Prácticas y a todos sus alumnos.



Y a Pacha Consultora Ambiental