

CRUCE DE MALLINES CON GASODUCTOS

Contenido

Contenido	1
<i>Sinopsis</i>	2
INTRODUCCIÓN	2
DESARROLLO	3
Descripción del relevamiento efectuado	3
Síntesis del funcionamiento hidrológico de mallines y su control.	4
<i>Funcionamiento hidrológico del mallín</i>	5
Análisis de Impactos Potenciales:	9
<i>Instalación Tradicional por zanjeo.</i>	9
<i>Sistema de perforación horizontal dirigida (PHD)</i>	11
<i>Sistema de cruce aéreo</i>	12
Pautas a solicitar en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)	12
Análisis edafológico	13
Análisis hidrológico.....	13
Composición florística y cobertura vegetal	13
Recomendaciones y pautas para mitigar los efectos del cruce.....	13
<i>Acciones que NO deben ser empleados por generar impactos negativos al ambiente.</i>	15
<i>Acciones de recomposición al momento de finalizarse las obras</i>	15
Escarificado	15
Labranza vertical	16
Revegetación con especies nativas y locales	16
Manejo de la ganadería.....	16
CONCLUSIONES	16
BIBLIOGRAFÍA CITADA	17
<i>Bibliografía</i>	18
AUTORES	19
<i>Dr. Federico Horne</i>	19
Ing. Juan Carlos Spini.....	19

CRUCE DE MALLINES CON GASODUCTOS

Sinopsis

Los mallines conforman un ecosistema húmedo de regiones áridas de la región Patagónica Argentina. Se desarrollan naturalmente en zonas donde existe agua disponible durante períodos más o menos prolongados, que permite el desarrollo de vegetación. La característica común de todos estos tipos de humedal es la saturación con agua del perfil del suelo o una parte de él, generalmente proveniente de la napa freática, Baumann, R. H., & Turner, R. E. (1990).

Los mallines en Patagonia ocupan diversos ambientes y amplia distribución geográfica. Proveen forrajes de alta calidad y en cantidades que oscilan alrededor del 50% del total producido. Sin embargo, ocupan entre el 4 al 8 % de la zona patagónica. Esto lleva por un lado a visualizarlo como áreas intensivas de emprendimientos productivos, hecho que contrasta con el resto de la meseta patagónica y de allí la reticencia y preocupación de los superficiarios en otorgar permisos de paso para las obras de gas.

El presente trabajo muestra el criterio adoptado desde la Gerencia de Seguridad de Camuzzi, en frente a la problemática de cruce de mallines con cañerías de gas sobre la base del trabajo realizado en conjunto con el Instituto de Tierras, Agua y Medio Ambiente (ITAMA) perteneciente a la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE.

En el mismo se hará una breve reseña del funcionamiento hidrológico de los mallines, se analizará el impacto que en general se genera en el humedal la instalación de la cañería y en particular las ventajas y desventajas de distintos sistemas constructivos que se puedan implementar para la instalación de un conducto.

En las conclusiones se expondrá el criterio adoptado por Camuzzi en el tema que nos ocupa. Requerimientos mínimos de los estudios de impacto ambiental requeridos para este tipo de obra teniendo en cuenta que como empresa regulada además los requerimientos provinciales, se debe dar cumplimiento a la norma NAG 153 del Ente Nacional Regulador del GAS (ENARGAS).

Se analizará las acciones o procedimientos que NO deben ser empleados en áreas de mallines por generar impactos negativos en el funcionamiento hidrológico y en la conservación de los mallines, y las acciones a desarrollar para la rehabilitación del área afectada por las obras.

INTRODUCCIÓN

Para Camuzzi la problemática del cruce de humedales en general y de los mallines patagónicos en particular es un tema de inquietud permanente desde el punto de vista ambiental.

Si bien se disponía de una normativa interna para el cruce de mallines con las obras de instalación de conductos, esta no estaba soportada adecuadamente e incluso las recomendaciones que le daban origen, estaban basadas en documentos que hacían referencia a humedales situados en el extranjero. Con el avance del trabajo que en esta oportunidad se presenta, se constató que no guardaban relación con el funcionamiento hidrológico de los mallines patagónicos y con ello un tanto inapropiadas las recomendaciones dadas.

En el marco de actualización normativa y de disponer de información y documentación que le diera respaldo, se estableció un acuerdo de trabajo entre Camuzzi el Instituto de Tierras, Agua y Medio Ambiente (ITAMA) perteneciente a la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE.

DESARROLLO

Descripción del relevamiento efectuado

Para el diagnóstico inicial y poder ver el estado de la situación actual del efecto de obras de gasoductos desarrolladas sobre mallines patagónicos se efectuó la visita a un mallín ubicado en la localidad de Zapala (Fig. 1), el cual es cruzado por el gasoducto que alimenta a la ciudad y cinco mallines ubicados en Pilcaniyeu en cercanías de la traza de la ruta provincial N° 23 (Fig. 2).



Figura 1: Mallín Zapala

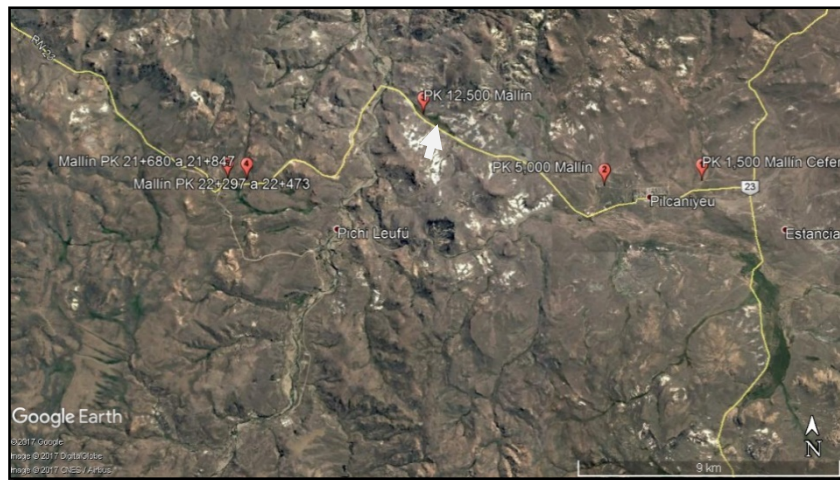


Figura 2: Ubicación de mallines de la zona de Pilcaniyeu.

A modo de ejemplo seguidamente se hará la descripción de lo encontrado en el mallín ubicado en la progresiva 12.500 del ramal de alimentación a Bariloche, el cual se encuentra a la vera de la ruta provincial N°23, latitud 41° 5' 52,63" S y longitud 70° 48' 53,26" O (Fig. 10). Este tramo de la obra del Loop, al igual que los anteriores, se ejecutó durante el período 2007-2008. El área de picada se muestra totalmente cubierta de vegetación propia de mallín (Fig. 3 y 4). No se evidencian indicadores de alteración debido a la obra.



Figura 3: Área de mallín.



Figura 4: Picada de la obra cubierta con vegetación.

Síntesis del funcionamiento hidrológico de mallines y su control.

Los mallines conforman un ecosistema húmedo de regiones áridas. Se desarrollan naturalmente en zonas donde existe agua disponible durante períodos más o menos prolongados, que permite el desarrollo de vegetación. La característica común a todos es la saturación con agua del perfil del suelo o una parte de él, generalmente proveniente de la freática.

Los mallines en Patagonia ocupan diversos ambientes y amplia distribución geográfica. Proveen forrajes de alta calidad y en cantidades que oscilan alrededor del 50% del total producido. Sin embargo, ocupan entre el 4 al 8 % del área (Fig. 5). Esto lleva por un lado a visualizarlo como áreas intensivas donde es posible buenos réditos pecuarios como resultante de inversiones productivas, hecho que contrasta con el resto de la meseta patagónica.

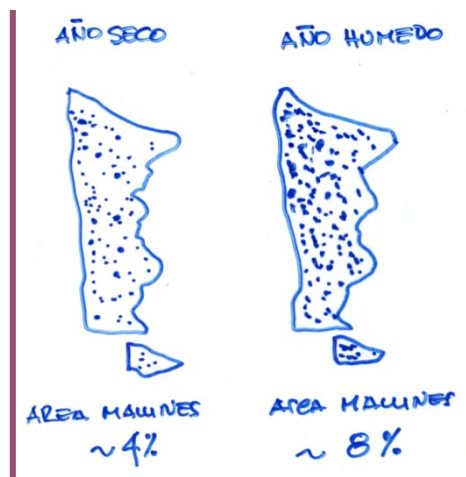


Figura 5: Área de mallines en función del año hidrológico.

Los mallines o humedales se distribuyen en la totalidad del territorio patagónico bajo una amplia variedad de geoformas: laderas o pendientes, rivera de ríos, arroyos y lagos, o en posiciones topográficas deprimidas o planas, siendo éstos los más conspicuos e importantes (Fig. 6).



Figura 6: Típico mallín cóncavo plano.

Funcionamiento hidrológico del mallín

Desde el punto de vista hidrológico, los mallines se asocian a zonas de concentración de humedad en el suelo, con napa freática alimentada por la precipitación directa más el escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo proveniente de vastas áreas colindantes y pertenecientes o no, a la misma cuenca. No proviene de la misma cuenca cuando se trata de aportes de acuíferos confinados cuya recarga puede provenir de áreas muy distantes, como es el caso de Patagonia con recarga en cordillera y precordillera.

En su formación estratigráfica presentan a profundidad variable, un estrato de baja permeabilidad relativa que actúa funcionalmente como hidroapoyo, sobre el cual se conforma el acuífero o medio saturado generalmente con características freáticas o semiconfinadas (Fig. 7). Los depósitos que sobreyacen al hidroapoyo pueden ser de diversos materiales de acuerdo a los procesos geomorfológicos que le dieron origen: marino, glacial, aluvial, volcánico, eólico, etc. Los depósitos más recientes dan origen al suelo que soporta un ecosistema más rico que la estepa

circundante, confiriéndole un ambiente de oasis. La diversidad de procesos geomorfológicos actuantes han conferido gran heterogeneidad en la constitución fisiográfica, hidrogeológica y edafológica lo que trasciende en las comunidades vegetales que soportan (Boelcke, 1957).

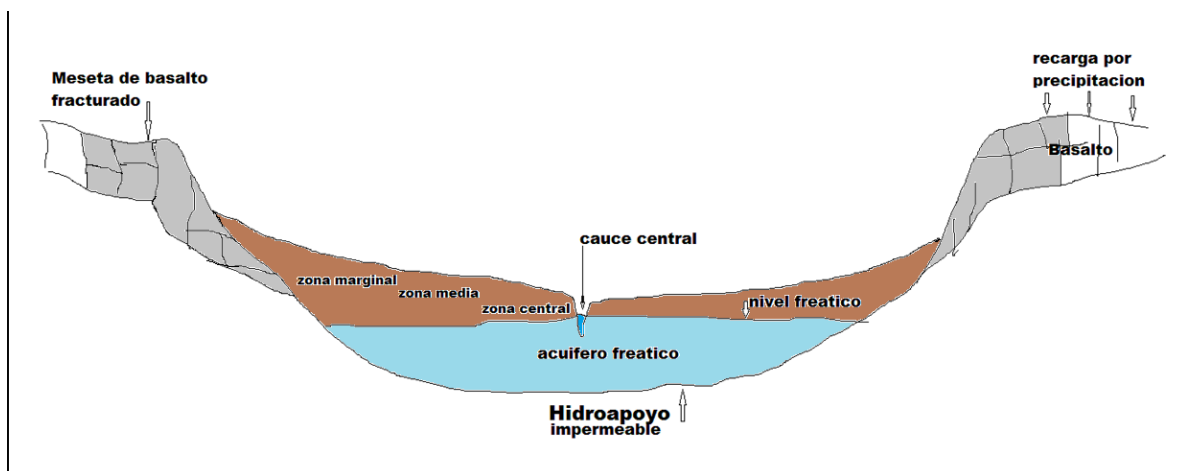


Figura 7: Perfil Transversal típico de un mallín.

El aporte hídrico, cualquiera sea su origen, se almacena en el acuífero libre cuyo nivel freático fluctúa estacionalmente en función del balance entre entradas y salidas de agua al mallín (Fig. 8). Desde la freática se produce un flujo de agua ascendente.

El cauce central funciona como condición de borde del acuífero, fijando el nivel freático a lo largo de su recorrido. Cuando el mallín es recargado lateralmente por los bordes externos o por precipitación directa, el cauce central se constituye en el dren del mallín, mientras que, durante los períodos de bajante del nivel freático, el cauce puede al menos en algunos tramos, operar como fuente de recarga del acuífero.

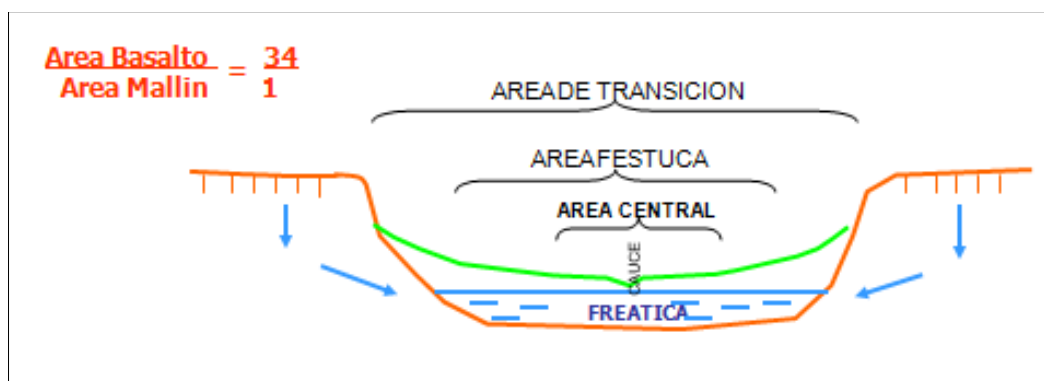


Figura 8: Aportes hídricos al mallín desde la meseta basáltica.

Uno de los aspectos más relevantes de la dinámica hídrica del mallín es el flujo en el medio no saturado o franja capilar, ubicada entre la napa y la superficie del suelo. La demanda evapotranspiratoria atmosférica extrae humedad de los horizontes más superficiales explorados por raíces, creando diferencias de tensión matricial respecto de la tensión nula del nivel freático, en grado suficiente para generar un flujo vertical ascendente desde el acuífero (Fig. 9). Este flujo puede o no alcanzar para suplir la intensidad evapotranspiratoria que obviamente se intensifica en verano (Fig. 10). El caudal que asciende depende mayoritariamente de los parámetros físicos del suelo: conductividad hidráulica, porosidad y función de retención hídrica del suelo y de la distancia suelo-napa (Horne, 1998). Los suelos orgánicos y volcánicos tienen grandes ventajas

comparativas en relación al flujo ascensional como pudo evidenciarse en simulaciones matemáticas realizadas.

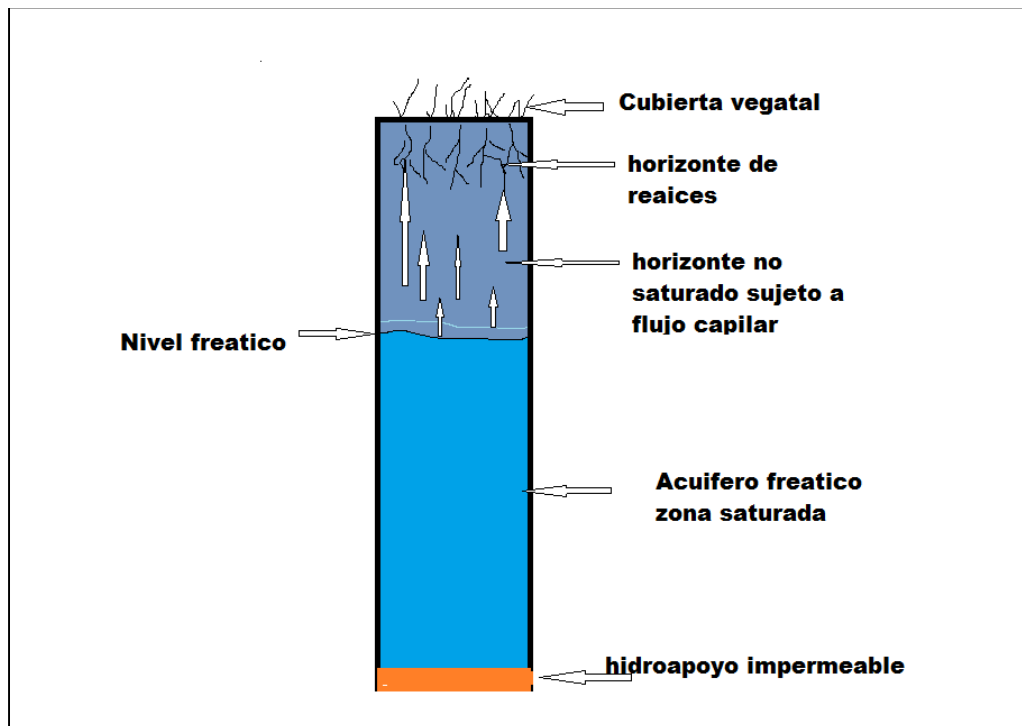


Figura 9: Columna que representa un corte vertical del mallín.

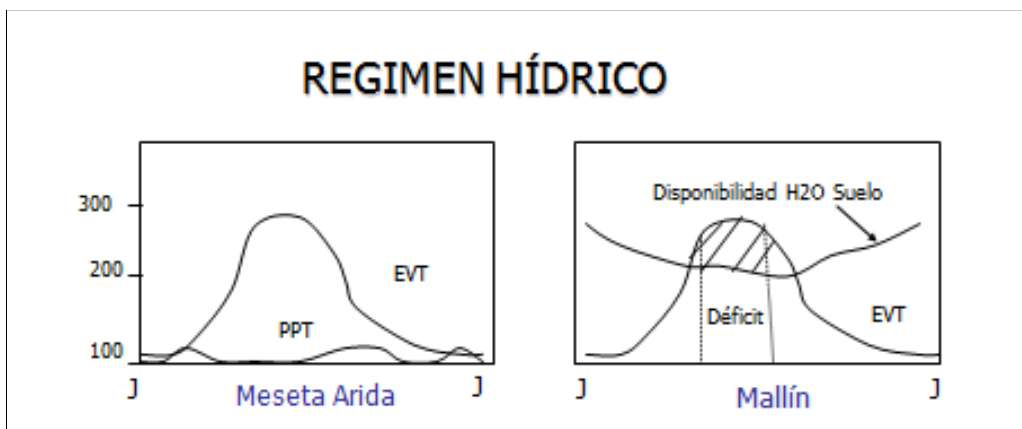


Figura 10: Comparación del régimen hídrico típico en meseta árida y área de mallín.

Se puede explicar así la diferencia de humedad en el suelo que se observa en la zona céntrica del mallín con el nivel freático más somero respecto de la zona periférica donde la freática está más alejada de la superficie. Asimismo, se entiende el déficit hídrico de primavera-verano de muchos mallines dado por la imposibilidad de satisfacer en forma total la demanda evapotranspiratoria de ese período. Esto se puede deber tanto a la excesiva profundidad de la freática como a las características físicas del suelo. Esto puede verse en la Curva Característica del Mallín, CCM, la cual indica el flujo capilar ascendente (mm/día) que puede llegar al horizonte de raíces en función de la profundidad a la freática (Fig. 11). Esta CCM es la clave para el manejo del mallín, ya sea para su sistematización cuando se dispone de agua, o para el manejo ganadero cuando no hay agua disponible para recargar la freática.

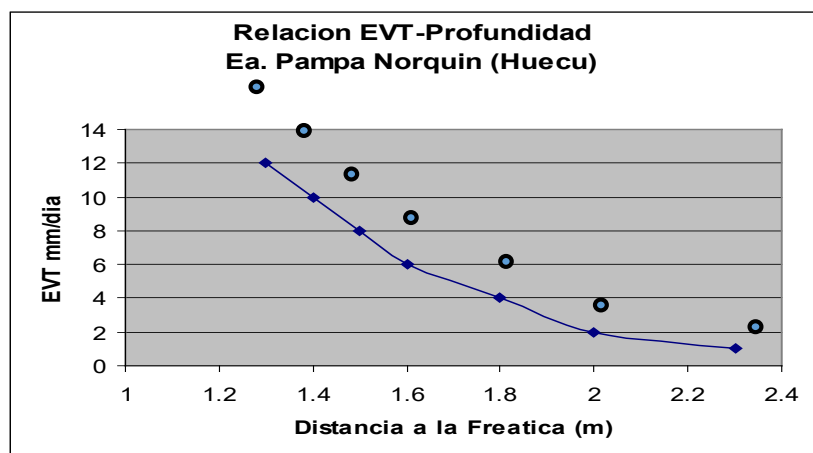


Figura 11: CCM para un mallín de El Huecu, Neuquén.

Asociado al flujo de agua ascendente se transportan sales a la superficie y a los horizontes de exploración radicular. Estas pueden ser redistribuidas nuevamente en el perfil cuando son lavadas con la recarga superficial tanto por lluvias como por el escurrimiento superficial proveniente de las áreas circundantes. La concentración de sales es dinámica y se debe al material originario, al agua y a los términos del balance salino entre entradas y salidas al mallín. Son relevantes en este proceso la lámina de precipitación anual, el drenaje natural hacia el cauce central y el escurrimiento superficial tanto por los volúmenes que aporta a la infiltración como por su tenor salino.

La capacidad de almacenamiento de los mallines en su formación acuífera es limitada. Su porosidad efectiva es tal que en un metro de altura freática se almacena la lámina evapotranspiratoria de 5-10 días del mes de diciembre o enero. Esto marca la importancia de una recarga permanente que provea la humedad necesaria durante el verano.

El régimen de precipitación de la Patagonia presenta una concentración invernal. Como lo afirma Paruelo al (1996) en el período otoño-invierno-primavera se produce el 89% de las precipitaciones. Por otro lado, la fusión de nieve acumulada durante este período comienza con la primavera y se extiende hasta noviembre-diciembre. En este período desde otoño hasta comienzo del verano la recarga está mayormente garantizada, a veces en exceso lo cual eleva la napa en los mallines, aumentando la zona central anegada. A partir del comienzo del verano, el régimen de recarga está condicionado por el tipo de cuenca.

Las características fisiográficas de la cuenca pasan a tener un papel fundamental en el régimen del escurrimiento. La composición del mismo, en cuanto al aporte relativo de los flujos superficiales, subsuperficiales y subterráneos determinará el hidrograma estival. Las cuencas con aportes subterráneos importantes, por ejemplo las constituidas por mesetas basálticas, tendrán regímenes más permanentes a lo largo del año que aquellas cuyo componente principal del flujo es superficial. La relación entre superficies de basalto y de mallín es estudiada por Mazzoni (1984). El aporte subterráneo puede presentarse en las laderas como "ojos de aguas" o "lloraderos" permanentes ó no visibles por estar bajo del material sedimentario que rellena el mallín.

Cuando el agua proviene de acuíferos confinados recargados regionalmente, la variabilidad anual del mismo es aún mucho menor, generando las condiciones para conformar los mejores mallines desde el punto de vista productivo.

En base a esta dinámica y sus enlazamientos, se pudo arribar a un esquema de manejo basado en el los siguientes supuestos:

1. Si el mallín se humidifica naturalmente a partir de la freática.

2. Si el caudal capilar depende de la profundidad freática para un tipo de suelo.
3. Si el caudal capilar es igual a la evapotranspiración, no hay déficit; si el caudal capilar no iguala la demanda evapotranspiratoria, se genera déficit.

Por lo tanto, manejando el nivel freático tal que el caudal capilar iguale a la evapotranspiración, se controla el déficit estival, lo que equivale a regar con una eficiencia del 100%.

El conocimiento de todos estos procesos y la identificación y cuantificación de las componentes de flujos de agua y sales permitirá la conservación del recurso, un mejor manejo productivo y la recuperación de mallines. El manejo del agua propuesto es una tecnología adecuada al funcionamiento de los mallines y por consiguiente contribuye a la producción sustentable en estos ecosistemas patagónicos.

Análisis de Impactos Potenciales:

En este capítulo se analizará los impactos potenciales generados en áreas de mallines producto del cruce de gasoductos y aspectos a considerar en el desarrollo de obras

Las diferentes actividades antrópicas realizadas sobre áreas de mallín, principalmente el pastoreo, producen impactos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas, y sobre el régimen hidrológico del mismo; lo cual trae aparejado una serie de consecuencias que afectan su valor ecológico, productivo y paisajístico.

En la actualidad, el aumento de la demanda de gas natural desde los grandes centros urbanos en la Patagonia requiere la instalación y/o ampliación de gasoductos, los cuales atraviesan diferentes áreas ecológicas, entre ellas las zonas de mallines.

Instalación Tradicional por zanjeo.

La instalación de gasoductos incluye diversas etapas: apertura de picada o pista, desfile de tuberías, soldadura de tuberías, excavación, bajada de tubería, relleno de zanja y limpieza y restauración. Durante la ejecución se produce el mayor impacto ambiental generado por el desmonte de la vegetación, el tránsito de maquinaria pesada, la remoción de suelo.

Las principales consecuencias de esta actividad sobre los mallines patagónicos son el aumento de compactación del suelo, cambios en la hidrología, pérdida de cobertura vegetal, disminución de la riqueza en especies vegetales, colonización por especies invasoras, asimismo puede darse la reducción de los contenidos de nutrientes y materia orgánica. Estos cambios eventualmente conllevan a procesos de perturbación, fragmentación y degradación de este ecosistema, disminuyendo su potencial productivo.

En el presente capítulo se desarrollan los impactos que podrían producirse durante la instalación de gasoductos en mallines y se proponen medidas de mitigación ante este tipo de obras. Para el abordaje de esta problemática se realizó una búsqueda bibliográfica, en la cual se recopilaban diferentes trabajos a nivel local, nacional e internacional. Se describen potenciales impactos que, si bien han sido evidenciados por los autores, se cita la referencia bibliográfica que respalda el concepto.

La presencia del ducto constituye una barrera física que modifica el régimen hidrológico en las áreas de mallín interfiriendo en la distribución de la recarga a la freática (flujo subterráneo) y superficial, debido a la presencia eventual del coronamiento. También, se ve modificado el flujo vertical entre el suelo y la freática (Fig. 12). Siendo que el flujo capilar ascendente es el proceso vital y principal por el cual el mallín mantiene humidificado el horizonte de raíces, se afirma que

al interrumpirlo puede llevar a la pérdida de área de mallín modificando el nivel freático. Asimismo, la recarga desde la superficie es clave para el lavado de sales en el perfil del suelo.

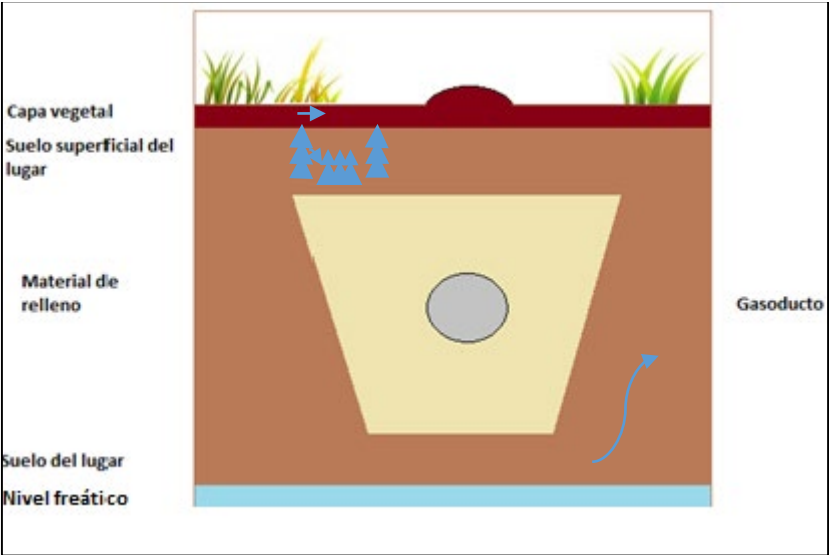


Figura 12: Cambios del régimen hidrológico en mallines ante la presencia de un gasoducto. Las flechas celestes representan la dirección del flujo del agua.

Al verse alterado el ciclo normal del agua en la zona de mallín frente a una obra de instalación de gasoductos, se produce la reducción de los contenidos de materia orgánica y una limitación en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Lo que trae aparejado una reducción en la actividad biológica del suelo. Todo esto influye negativamente en el desarrollo de la vegetación. Las obras, en general, interfieren en la abundancia y distribución de las especies vegetales nativas, como también facilita la introducción y expansión de especies vegetales invasoras (Fiori, *et al*, 2003).

El Cuadro siguiente muestra las Ventajas y desventajas del sistema de conducción tradicional por apertura de zanja.

Ventajas	Desventajas
- No tiene impacto visual una vez finalizada la obra, salvo los carteles indicadores y mojones. La regeneración natural del ecosistema y el impacto visual inherente dependerá principalmente del tratamiento que tuvo durante su ejecución, la precipitación y la salinidad. - Minimiza las intervenciones de mantenimiento del conducto.	- Afecta el perfil del suelo en la zona donde se instala la cañería y el área de trabajo. - Puede requerir la introducción de material litológico ajeno al sitio, cuando por sus características el suelo del lugar pueda dañar el revestimiento de las cañerías a instalar (suelos pedregosos). - Podría implicar el bombeo de agua subterránea, en caso que la misma interfiera durante las tareas de instalación de la cañería. - Ocasiona compactación del suelo en la zona de trabajo por el desplazamiento de maquinarias y equipos. - Afecta la flora de la zona de trabajo, y por consiguiente podría generar procesos erosivos. - Afecta temporalmente las escorrentías superficiales y subterráneas. - Afecta el funcionamiento hidrológico del mallín, sobre todo durante la ejecución. Posteriormente se minimiza siguiendo las indicaciones propuestas.

Ventajas	Desventajas
	Podría requerir tareas adicionales (escarificado, labranza vertical y corrugado superficial) para disminuir la compactación del suelo y acelerar la regeneración vegetal; por consiguiente restablecer el funcionamiento hidrológico.

Sistema de perforación horizontal dirigida (PHD)

Esta tecnología sustituye la apertura de zanjas a cielo abierto, reduciendo el movimiento de suelo. Implica la utilización de maquinaria de dimensión pequeña, mediana o grande en función al diámetro del ducto y la longitud a atravesar, lo cual disminuye la compactación del terreno. La maquinaria empleada para el desarrollo de esta técnica, ha mejorado tanto en potencia como en diámetros de instalación disponibles.

Los efectos adversos generados pueden ser resultados de la introducción de fluidos de perforación y lodo en los cursos de agua; y una mayor afectación en la zona de los pozos de ataque y salida.

Ventajas y desventajas del sistema de perforación horizontal dirigida (PHD).

Ventajas	Desventajas
- Sobre la traza del conducto mantiene el perfil edáfico original del sitio, ya que no implica tareas de zanjeo sobre la interferencia a cruzar. - Sobre la traza del conducto no afecta la compactación del suelo sobre el mallín. - Sobre la traza del conducto no afecta la flora sobre el mallín. - No tiene impacto visual una vez finalizada la obra, salvo los carteles indicadores y mojones.	- Afecta puntualmente y con mínima superficie, el perfil del suelo, compactación y flora, en la zona donde deben realizarse los pozos de ataque (en ambos extremos de la interferencia a cruzar). - Implica la introducción de un material ajeno al terreno (bentonita) directamente en la zona del mallín. Considerando que la bentonita es un material de granulometría fina, el impacto no es significativo toda vez que no modificaría el flujo de ascenso capilar. En cuanto a lo biológico, su interferencia dependerá del volumen utilizado, razón por la cual debe ser evaluado al momento de la toma de decisión. - Implica la instalación de uno o dos obradores en la medida de lo posible fuera del área de mallín, que pueden tener dimensiones considerables, para disponer los equipos y pileta de lodos. - Puede implementarse solo para tramos relativamente cortos, cuya longitud depende de la potencia y tecnología del equipo empleado. De tratarse de mallines extensos, podría ser necesario realizar pozos de ataque sobre el mallín para poder colocar la totalidad de la cañería. - Podría implicar el bombeo de agua subterránea, en caso que la misma interfiera durante las tareas de instalación de la cañería.

Es importante destacar que, A nivel mundial, se desconocen los impactos generados por las tecnologías sin zanja en el cruce de mallines. Por lo que se considera necesario abrir líneas de

investigación que contemplen las alternativas para el cruce de estas áreas. De este modo, obtener información que permita definir cuál es la técnica más adecuada.

Sistema de cruce aéreo

La información recabada permite afirmar que si bien, en general, no afecta el funcionamiento hidrológico del mallín, al menos impacta en la segmentación del sistema ganadero por impedimento del libre pastoreo de la hacienda. Como asimismo el aspecto paisajístico por su visualización. Esta metodología de cruce amerita mayores intervenciones de mantenimiento que el enterrado, con lo cual el impacto posterior será necesario evaluarlo al momento de analizar el proyecto.

Ventajas y desventajas del sistema cruce aéreo.

Ventajas	Desventajas
• La afectación del suelo es mínima, ya que solo requiere la colocación de estructuras de apoyo (Ej: pilotes). • No afecta el funcionamiento hidrológico del mallín. • No afecta la flora sobre el mallín.	• Implica la colocación de estructuras de apoyo, lo cual afectará la compactación del terreno por utilización de equipos para el hincado de pilotes en el momento de instalación de los mismos. • Produce la segmentación del sistema ganadero por impedimento del libre pastoreo de la hacienda. • Potencial afectación de la circulación y/o migración de especies silvestres por introducción de una barrera física. • Produce un impacto paisajístico negativo. • Posibles conflictos con el superficiario. • Un gasoducto aéreo aumenta el riesgo de accidentes graves ante una falla o rotura de la cañería, ya que la energía potencial almacenada (presión) se disiparía con violencia sin nada que la minimice o contenga (en el caso de ductos enterrados, la tapada actúa en este sentido). • Podría implicar el bombeo de agua subterránea, en caso que la misma interfiera durante las tareas de instalación de la cañería. • Requiere mayores intervenciones para mantenimiento.

Pautas a solicitar en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

A modo de caracterizar el sitio se considera necesario que se incluyan en el EIA de la obra los siguientes análisis, en consonancia con lo establecido en las Normas Argentinas Mínimas para la Protección Ambiental en el Transporte y la Distribución de Gas Natural y otros Gases por Cañerías.

Se describen los aspectos relevantes para los estudios de impacto ambiental, quedando a criterio de los interesados simplificar las técnicas y su adecuación en función del caso que se trate.

Análisis edafológico

Este análisis permitirá la clasificación del suelo del mallín permitiendo la tipificación del mismo y la identificación de impedimentos para la instalación de gasoductos. El estudio deberá incluir una descripción completa de las características del suelo: secuencia de horizontes, espesores, profundidad, tipo de drenaje, clase textural, estructura, pH, contenido de materia orgánica, salinidad, alcalinidad, presencia de raíces y pedregosidad.

Para la determinación de los aspectos mencionados se deberá realizar una calicata en la zona de instalación del gasoducto que permita la observación del perfil del suelo. En una primera etapa se deberá realizar una identificación visual de los horizontes presentes y la medición de su espesor. Posteriormente se tomarán muestras de cada horizonte y se enviarán a laboratorio donde se determinarán las propiedades químicas y físicas del suelo. En el anexo I, se adjuntan las tablas a completar a campo y laboratorio.

Análisis hidrológico

Se propone la instalación de una red freatimétrica que conste al menos de tres freatímetros en el área de mallín. El análisis de los registros del nivel freático permitirá inferir las líneas de flujo (dirección y sentido) y si fuera posible su medición en el tiempo, la evolución del acuífero, por lo que su monitoreo permitirá estudiar las características del mismo, sus variaciones y conocer la respuesta frente a la obra.

Composición florística y cobertura vegetal

Determinar los cambios en el tiempo, en la estructura y en la sustitución de comunidades vegetales en aéreas de mallín permitirá conocer la dinámica de la vegetación; siendo de gran importancia para predecir la evolución de dichas aéreas tras los disturbios acontecidos debido a la instalación de gasoductos.

Recomendaciones y pautas para mitigar los efectos del cruce.

A partir de lo expuesto, se plantean algunas recomendaciones a tener en cuenta durante la ejecución de proyectos que se desarrollen en áreas de mallín de la Patagonia.

1. Los mallines presentan una gran variabilidad de formas y tamaños, por lo que se han dado pautas para la caracterización de los diferentes estadios. Sin embargo, estos no han sido suficientes para obtener una clasificación completa para los mallines de la Patagonia. Los criterios propuestos contemplan características edáficas (drenaje, textura, ph, salinidad, porcentaje de materia orgánica, profundidad de la napa freática y clasificación taxonómica del suelo), vegetación (censos fisonómicos-florísticos y cobertura vegetal), y productividad de forraje. A partir de los datos obtenidos, los mallines se clasifican en cinco tipos: muy húmedo, húmedo, subhúmedo-húmedo, subhúmedo-seco, seco-subhúmedo. Teniendo en cuenta la complejidad que implica la identificación de los diferentes mallines, es conveniente contar con un profesional especializado en ecosistemas o ambientes patagónicos durante la realización de un EIA o EAP, para poder detectarlos fácilmente a lo largo de la traza de gasoductos.
2. Durante la realización de un EIA o EAP, analizar la posibilidad de evadir las áreas de mallín para la construcción de gasoductos. De esta forma se evita el impacto directo.

El método de PHD es el más recomendable para cruzar los mallines. Se considera que minimizando el volumen perturbado se minimiza el impacto sobre los procesos que dan lugar al

ecosistema. En tal sentido, la PHD cumpliría con esta pauta. Esta técnica implica el menor disturbio en el mallín dado que afecta el menor volumen de suelo respecto al método de zanjeo tradicional y no hay compactación por tránsito de maquinaria pesada sobre el mallín. No obstante, existe alteración del perfil del suelo puesto que la metodología requiere el uso de bentonita y aditivos solidificantes, cuyo efecto negativo dependerá de la cantidad y el volumen ocupado en el suelo/acuífero.

3. Con el fin de conocer la dirección de los flujos y la profundidad de la napa se propone el uso de freátímetros acotados, como mínimo tres, para considerar el comportamiento hidrológico al momento de la ejecución de la obra. En ciertos casos es posible inferir la dirección principal del flujo a partir de la topografía, pero no es un criterio generalizable, por lo cual se aconseja el hincado de freátímetros o simples pozos de observación del nivel freático.
4. De implementar el sistema de conducción tradicional por apertura de zanja se recomiendan tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - La profundidad de la freática es mayor en la porción periférica del mallín. Siempre que sea posible, seleccionar la traza por este sector cuidando que la zanja y ancho del terreno perturbado sea del menor ancho factible.
 - Cuando la traza necesariamente debe atravesar la parte central del mallín, la profundidad del caño sobrepasará la profundidad freática. En este caso se recomienda seguir la dirección más paralela a los flujos. Esto minimiza el efecto de interferencia en la dirección del flujo de la escorrentía subterránea, pues se ha demostrado que una posible “barrera” puede tener influencia sobre cientos de metros del acuífero cuando hay carga o descarga de aportes.
 - En todos los casos, la tapada se debe realizar con el material originario, con el objetivo de preservar el flujo ascendente vertical.
5. Si bien se ha informado sobre las dificultades de intervenir en la traza después de la construcción, por motivos legales y operacionales, se hacen recomendaciones propuestas por diferentes autores que han estudiado aspectos específicos en mallines.
 - Kowaljew y Rostagno (2008) afirman que solamente luego de la rehabilitación de la estructura del suelo superficial, se podrán recuperar otras funciones relacionadas al sustento de la vegetación y al ciclado de nutrientes. Una práctica comúnmente realizada para reducir la compactación del suelo es el corrugado del terreno. Esto contribuye a facilitar el desarrollo radicular de las especies vegetales implantadas y permite el entrapamiento de semillas (Becker G. F. & Bustos J.C., 2013). Se recomienda la utilización de implementos de labranza vertical de bajo peso para realizar estas tareas (Ciano, *et al*, 2005).
 - Becker y Bustos (2013), afirman que la revegetación natural sobre el área disturbada presenta signos de degradación como: menor cobertura vegetal, baja riqueza de especies y signos de erosión del suelo, en comparación con las zonas no disturbadas. Por lo que se recomienda la revegetación dirigida con especies nativas y locales de forma obligatoria para las áreas de mallín, para que una vez finalizada la obra se regeneren los flujos naturales de agua que caracterizan a estas zonas en el mediano plazo. Se sugiere que la riqueza de especies vegetales tome un valor mínimo del 60% para considerar satisfactoria la tarea de revegetación (Rueter, B.L. & Rodríguez, 2013). La selección de especies y sus proporciones se deberán definir en base a la dominancia de cada una en el ecosistema. Se recomienda realizar un monitoreo periódico a fin de verificar el establecimiento y supervivencia de plantas. En caso de un elevado porcentaje de pérdida de plantas se deberá realizar una reposición.
 - Luego de las tareas de limpieza, restauración y revegetación se sugiere realizar un seguimiento, al menos durante un ciclo del mallín, para determinar el tiempo de recuperación del área disturbada como medida de la resiliencia del ecosistema. Para lo cual se deben

estimar parámetros cuantitativos, como composición de especie, productividad, acumulación de nutrientes en el suelo, biomasa, parámetros hidrológicos, entre otros.

Acciones que NO deben ser empleados por generar impactos negativos al ambiente.

- No abrir picadas en las áreas de mallín, de esta manera se reduce el disturbio. El flujo subsuperficial tiene dirección vertical en el estrato no saturado y preferentemente horizontal en la freática saturada. En consecuencia, las conducciones y perturbaciones arriba de la freática deben ser de mínimo ancho ya que modifican el flujo vertical ascendente en el mallín, proceso central para la existencia del ecosistema húmedo.
- No agregar material externo con baja actividad biológica y textura diferente al material extraído. El suelo típico de mallín se constituye por texturas finas y ausencia de piedras, por lo que no sería necesario colocar manto de apoyo de la cañería. En el caso de encontrarse grava, que necesariamente estará por debajo de la freática y que deba removerse para no dañar el revestimiento de la cañería, se recomienda rellenar con material propio del mallín preferentemente de la zona marginal del mismo.
- No trazar el cruce del mallín en forma perpendicular a los flujos de agua subterránea cuando la profundidad del ducto sea mayor a la profundidad de la napa freática (cercano al cauce central), a modo de no impedir el escurrimiento subterráneo. En caso de que la profundidad del ducto este por encima del nivel freático (alejada del cauce central), el material originario debe ser preservado y dispuesto respetando la secuencia edáfica original.
- No modificar la escorrentía superficial ya sea por impedir el flujo con detenciones y modificar su dirección o almacenamiento en sitios topográficamente bajos. Para lo cual, la tapada de la zanja no debe tener un coronamiento que afecte el flujo superficial de agua, de forma que no se genere anegamiento. El coeficiente de asentamiento depende de la textura del suelo, variando del 10% en suelos arenosos a 30% en suelos más finos. Dada esta situación se recomienda, verificar la sobremonta quede a nivel del suelo antes de la finalización de la obra.

Acciones de recomposición al momento de finalizarse las obras

La rehabilitación de áreas disturbadas contribuye a restituir las condiciones ambientales existentes antes del disturbio, mediante acciones que permitan recuperar los procesos naturales del ecosistema, productividad y servicios. Las acciones propuestas abarcan técnicas de regeneración asistida, como el escarificado, la labranza vertical, la revegetación con especies nativas y locales, y el monitoreo, junto con el manejo de la ganadería.

Escarificado

Consiste en la descompactación mecánica de la superficie del terreno utilizando un escarificado montado en la parte trasera de un tractor que cuente con la potencia necesaria para accionar el implemento de forma hidráulica. La tarea debe realizarse en dirección perpendicular a la pendiente y/o de los vientos dominantes, con una profundidad de corrugado de 20 a 35 cm y una distancia entre surcos de 55 cm.

Esta técnica contribuye al desarrollo inicial de las comunidades vegetales al descompactar el sustrato, incrementando la infiltración de precipitaciones y facilitando el desarrollo del sistema radicular, y al mismo tiempo permite el entrapamiento de semillas en las rugosidades del terreno (Castro, M. L; et al 2013). El corrugado del suelo presenta una mayor efectividad en los sitios de menor precipitación. Como ventajas operativas, presenta una fácil aplicación, costos relativamente bajos y es compatible con otras técnicas de rehabilitación (revegetación asistida).

Entre las limitaciones de esta técnica, la bibliografía menciona que favorece la colonización de especies exóticas durante los primeros años, la dominancia monoespecífica a lo largo del proceso de recuperación y alcanza niveles de diversidad y cobertura vegetal significativamente menores a la zona no disturbada.

Ante lo expuesto, se considera que la reducción de la compactación es necesaria para rehabilitar ecosistemas mediante el escarificado, sin embargo, resulta insuficiente si no es acompañada por otras técnicas.

Labranza vertical

Para la inducción de la recuperación de los procesos antes mencionados, se plantea el uso de prácticas conservacionistas, haciendo mención a la labranza vertical como posible alternativa. La misma se basa en métodos para evitar la creación de capas de compactación, las cuales inhiben el ascenso capilar y drenaje del agua en el perfil del suelo, e impiden el desarrollo del sistema radicular. El objetivo principal que plantea esta práctica, consiste en romper las distintas capas compactadas sin perturbar la estructura del suelo; y sin la necesidad de voltear la capa superficial del mismo. Bajo esta condición se busca una mayor infiltración, lo que evitará el encharcamiento superficial y facilitará la acumulación de humedad en el perfil del suelo, mejorará el ascenso capilar debido a la ruptura de las capas endurecidas.

Dicha práctica consiste en labrar el suelo con subsolador o cincel en los primeros 20-30 cm. Se recomienda utilizar un tractor chico, tipo agrícola (40-60 hp con doble tracción y de trocha angosta), cuya potencia permita traccionar un subsolador en los sitios más compactados o un cincel en los menos compactados. El laboreo, se desarrollará a lo largo de la picada de manera de facilitar y garantizar la recomposición de la cobertura vegetal a largo plazo.

Revegetación con especies nativas y locales

La posterior revegetación de las picadas, tiene la finalidad de contribuir a acelerar la funcionalidad del ecosistema. Tomando como base información previa sobre caracterización de la vegetación, se deberá realizar una selección de especies y proporciones que correspondan al lugar a revegetar. Cada área deberá ser cercada con alambre tejido para evitar el ingreso de animales.

Para el desarrollo de esta práctica se recomienda recurrir a viveros locales que presten servicios de recolección de semillas y producción de plantines. Regionalmente, existen numerosos viveros e instituciones que prestan este servicio, como por ejemplo el vivero del Grupo Larrea perteneciente a la Universidad Nacional del Comahue.

Manejo de la ganadería

Al finalizar las tareas de revegetación, y en caso que el área disturbada pertenezca a un privado, se recomienda dar aviso de las tareas realizadas a fin de que se evite el pastoreo de animales en esa zona hasta que las plantas estén establecidas. A largo plazo, se debe considerar el manejo sustentable de estas áreas para mantener su condición en el tiempo.

CONCLUSIONES

En base a los aspectos descriptos a lo largo de este trabajo, se considera a las áreas de mallín como ecosistemas sensibles ante diversos disturbios. Por tal motivo, frente a la instalación de gasoductos es necesario conocer su funcionamiento, composición y los procesos biológicos que

se desarrollan en el mismo y hacer el estudio de impacto ambiental correspondiente al efecto de determinar la metodología de cruce.

Es de destacar que de la experiencia de Camuzzi a lo largo de más de 25 años de operar cañerías y hacer obras en áreas de mallines, nos permite afirmar que las cañerías no interfieren con el funcionamiento de los mallines, sobre la base de hacer las obras en forma responsable como asimismo gestionar adecuadamente las acciones de mantenimiento.

Sabiendo que toda intervención antrópica sobre estas áreas afecta en mayor o menor medida, se deben implementar las alternativas que mitiguen los impactos generados en función de cada situación particular.

Posterior a la ejecución de la obra, el objetivo principal es la regeneración del área disturbada en el menor tiempo posible para conservar su condición natural. Este proceso depende prioritariamente de la precipitación anual (siendo distinta en cordillera, costa, sierras y mesetas), de la salinidad del suelo y del sistema de construcción del ducto.

La precipitación es un factor altamente incidente en la capacidad de regeneración del mallín, aumentando su capacidad de resiliencia, lo cual implica “capacidad de las comunidades y ecosistemas de absorber perturbaciones sin alterar”.

Debido a estas variantes cada área presentará un comportamiento diferencial en la duración del periodo de recuperación.

Todas las prácticas, sugerencias y recomendaciones planteadas en este trabajo se hacen más significativas en aquellas zonas que están por debajo de los 300 mm de precipitación anual.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Baumann, R. H., & Turner, R. E. (1990). Direct impacts of outer continental shelf activities on wetland loss in the central Gulf of Mexico. *Environmental Geology and Water Sciences*, 15(3), 189–198.
- Castro, M. L.; Zuleta, G. A.; Pérez, A. A.; Ciancio, M. (2013). Rehabilitación de estepas arbustivas en locaciones petroleras del Monte Austral. Evaluación de la técnica de escarificado i: vegetación. In V. Mazzini & Editores (Eds.), *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina* (pp. 225–245).
- Cuevas-Reyes, P. (2010). Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biologicas*, 12(1), 1–7.
- Fiori, Sandra; Zalba, S. M. (2003). Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve, Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 12(June), 1261–1270.
- Gaitán, J. J., López, C., Ayesa, J., Siffredi, G., & Bran, D. (2006). Investigación en mallines en Patagonia Norte (Argentina): Avances recientes y próximos pasos. Comunicación técnica número 110.
- Kowaljew, E., & Rostagno, C. M. (2008). Propiedades del suelo superficial y la cobertura vegetal en el NE de Chubut. *Ciencia Del Suelo*, 26(1), 51–62.
- Kröpfl, A.; Villasuso, N. (2012). *Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales del Monte Oriental de Patagonia*. Ediciones INTA.
- Najafi, M., & Kim, K. O. (2004). Life-cycle-cost comparison of trenchless and conventional open-cut pipeline construction projects. *Proceedings of the ASCE Pipeline Division Specialty Congress - Pipeline Engineering and Construction*, 635–640.
- Olson, E. R., & Doherty, J. M. (2012). The legacy of pipeline installation on the soil and

- vegetation of southeast Wisconsin wetlands. *Ecological Engineering*, 39, 53–62.
- Siffredi, G.; Boggio, F.; Giorgetti, H.; Ayesa, J.; Kropfl, A.; Alvarez, J. (2015). *Guía para la Evaluación de Pastizales: para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte*. (E. INTA, Ed.).
- Yepes Piqueras, V. (2015). Aspectos generales de la perforación horizontal dirigida, (2000), 1–10.
- Yu, X., Wang, G., Zou, Y., Wang, Q., Zhao, H., & Lu, X. (2010). Effects of Pipeline Construction on Wetland Ecosystems : Russia – China Oil Pipeline Project (Mohe-Daqing Section), 447–450.

Bibliografía

- Boelke O., 1957. Comunidades herbáceas del Norte de la Patagonia y sus relaciones con la ganadería. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, Tomo XI N°1.
- Horne F., Dufilho A., Bruce A., Polla G. M. 1998. Programa de Desarrollo Forestal (Convenio BIRF 3948AR) – Proyecto de Ecosistemas Desérticos de Patagonia. Pág. 82.
- Mazzoni, E. 1984. Estudios de las relaciones geomorfológicas e hidrológicas entre escoriales basálticos y mallines en dos áreas tipo de la provincia de Neuquén. Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Humanidades, Departamento de Geografía. Neuquén. Pág. 112. Tesis de Licenciatura.
- Paruelo J. M., Beltrán A., Jobbágy E., Sala O. E., Golluscio R. A. 1996. The climate of Patagonia: general patterns and control on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.

AUTORES

Dr. Federico Horne

Título y lugar de estudio:

Ingeniero Agronomo – Orientación Suelos, UN Sur, B. Blanca
Msc. Planificación de los Rec. Hidráulicos, Cidiat, ULA, Venezuela.
PhD. Environmental & Civil Engineering, Univ. of California, Davis, USA

Empresas en las que hizo su carrera:

Becario Hidronor, SE 1976 -1978
Técnico Hidráulico Adm. Prov. Agua de Neuquén. 1980- 1983
Docente UN Comahue 1984 – Pte
Investigador Externo CONICET, 1989-1993
Secretario Académico U.N. Rio Negro 2010-2012

Cargo Actual:

Prof. Titular Área Recursos Hidráulicos, UNComahue, Nqn
Investigador Categoría I, Régimen Nacional, MINCyT
Director del ITAMA, UNCo, Neuquén
Director Programa Interinstitucional de Postgrado en Cs. Hidricas, UNCo, UNPSJB, UNPA
Investigador sobre procesos de flujo y transporte de contaminantes en diferentes medios.
Hidrología de zonas Áridas
Mas de 30 Publicaciones científicas, 15 tesis dirigidas, Múltiples presentaciones en congresos y conferencias científicas.

Ing. Juan Carlos Spini

Título y lugar de estudio:

Ingeniero Mecánico - Ingeniero Laboral
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Empresas en las que hizo su carrera:

Camuzzi Gas Pampeana y Camuzzi Gas del Sur (de 2007 – a la fecha)
Gas Natural Fenosa (de 1992 a 2007): Jefe de Seguridad y Calidad
Gas del Estado (de 1980 a 1992): Gerencia de Seguridad en el Trabajo

Cargo Actual en la empresa: Gerente de Seguridad y Medio Ambiente

Otros datos relevantes:

Tiene 39 años de experiencia en la industria del gas.
Dictó cursos de Post grado en la UNT en la carrera de Ingeniería Laboral Diseño y Verificación de Recipientes.; Riesgo en la construcción; Iluminación y color; Ambiente térmico. Desde el año 1986 hasta 1994.
Realizó trabajos de investigación de soldadura de conductos en carga al efecto de minimizar el riesgo de afectación de los conductos.
Coautor del libro Transporte y Distribución de Gas del IAPG