

33580

INFORME
AGRADECIMIENTOS
INTRODUCCION
ANTECEDENTES
OBJETIVOS
MATERIALES Y METODOS
RESULTADOS Y DISCUSION
TRATAMIENTO DE DESINCRUSTACION Y DESINFECCION
COMALLO, SIERRA COLORADA Y SAN JAVIER
RECOPIACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO
EN PERFORACIONES DE LA LINEA SUR
ASPECTOS ECONOMICOS
SEMINARIO DE CAPACITACION TECNICA Y DIFUSION
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
APENDICE DE TABLAS

0
H. 1112
6 11
T/125
X12
4.310



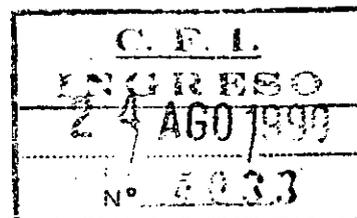
MIGUEL ANGEL GARIBOGLIO
BACTERIOLOGO

La Plata, 24 de agosto de 1990.

Sres.

COMIJO NADEPAL DE INVERSIONES.
San Martín 871.
Hospital Federal.

Atn.: Ing. Juan José Cidreira.



De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Uds., con el objeto de elevarles los cuatro ejemplares del Informe Técnico final correspondiente al contrato celebrado con ese Organismo relativo al "Diagnóstico y tratamiento de fenómenos de in-rustación biológica y corrosión inducida microbiológicamente en perforaciones de la Provincia de Río Negro".

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlos muy atentamente:



Miguel A. Gariboglio.
48 N°1462.
La Plata.

AGRADECIMIENTOS

- A las autoridades del DPA por su interés y apoyo brindado.
- A la Lic. Lilian Agri por su permanente apoyo.
- Al Bioq. R. Alcalde por su contribución a la planificación y ejecución del programa de trabajo
- Al Sr. Jorge Rivas por su colaboración en la redacción de los aspectos económicos incluidos en este informe.
- Al personal del Depto. Técnico Mantenimiento, por su participación en las tareas de recuperación de perforaciones.
- A la Bqca. Mirta Macarri y a los Aux. de Lab. Laura Ibarrola y Stella Miño por la realización de tareas de monitoreo.

INTRODUCCION

A mediados del siglo XIX, ciertas bacterias filamentosas fueron reconocidas por su habilidad de eliminar hierro de la solución por precipitación de hidróxido férrico insoluble en el exterior de sus células.

Las "bacterias del hierro" pueden ser definidas como "un grupo de bacterias aerobias que pueden utilizar la oxidación de los iones ferrosos y/o manganesos como un componente esencial en su funcionamiento metabólico".

Estas "clásicas" bacterias del hierro incluyen las especies pedunculadas de *Gallionella* y miembros del grupo *Sphaerotilus* - *Leptothrix*, bacterias filamentosas precipitantes del hierro.

Estudios posteriores sobre transformaciones bacterianas del hierro en agua han mostrado que la deposición de hidróxido férrico insoluble es posible con otros grupos de bacterias, aún más heterogéneo, que incluyen muchas formas no filamentosas, tales como especies encapsuladas de *Siderocapsa*.

Sin embargo las bacterias asociadas con la precipitación del hierro en agua son comúnmente llamadas "bacterias del hierro"; este es un término general usado para describir diversos grupos de organismos que aparecen en un variado tipo de hábitats como lagos, lagunas, pantanos, etc.

Además de su capacidad para depositar hidróxido férrico alrededor de sus células, varias bacterias del hierro son también capaces de excretar polisacáridos extracelulares los cuales han sido descritos como mucilaginosos, gelatinosos mucosos. Este material reviste la superficie externa de la pared celular de los organismos o vainas y sirve como sitio para la acumulación de hidróxido férrico precipitado. Este material extracelular comienza a impregnarse e incrustarse con óxidos de hierro resultando una masa mucosa coloreada de rojizo o amarronada que tipifica el crecimiento de estas bacterias en ambientes naturales.

Las bacterias del hierro pueden encontrarse en sistemas de distribución de agua y pozos siendo consideradas importantes agentes de ensuciamiento como resultado de la doble capacidad de excretar mucílagos extracelulares y precipitar grandes cantidades de hidróxido férrico.

La actividad de estas bacterias lleva generalmente a la aparición de síntomas típicos de su presencia como agua coloreada, sabor y olores desagradables y reducción en el flujo a través de las tuberías.

Además, están reconocidas como agentes indirectos de corrosión en tuberías de distribución de agua como resultado de su capacidad para crear ambientes adecuados (microhábitats) para el desarrollo de otros microorganismos involucrados en procesos de corrosión de metales como bacterias reductoras de sulfatos (BRS).

Las infestaciones de pozos de agua con bacterias del hierro están registradas como la causa más relevante de la degradación bacteriana en el rendimiento de los pozos (Smith, 1984)

Estas infestaciones están caracterizadas generalmente por una severa y rápida obturación de los fil-

tros de los pozos y de los poros de los materiales adyacentes a la perforación. (Mogg, 1972). Este bloqueo físico del área de ingreso al pozo resulta en una disminución de la eficiencia hidráulica, manifestada por una significativa reducción de su capacidad específica.

En casos severos, los componentes de acero del pozo pueden ser corroídos anódicamente y tuberculizado (Smith, 1980). No existe aún un relevamiento del impacto económico de la degradación de pozos por bacterias del hierro pero Cullimore y Mc Cann (1977) demostraron su dispersión en áreas geográficas diversas como Alemania, Yugoslavia, India, Finlandia y Estados Unidos.

Otro problema es que aún no hay conocimientos suficientes respecto a métodos efectivos para tratar pozos contaminados con estos molestos organismos. Graing y Lund (1969) notaron que hubo una proliferación de controles recomendados para bacterias del hierro en pozos, sin embargo, ellos encontraron que estos métodos eran inefectivos. Ellos concluyeron que esta carencia de estrategias de control es debida a la dificultad en cultivar las bacterias del hierro para experimentar estos controles en laboratorios.

Además no se conoce un procedimiento simple de laboratorio para cultivar estos organismos; la mayoría de los estudios han estado limitados a observaciones microscópicas. Como resultado de esto, la información respecto a estos organismos es generalmente sobre aspectos morfológicos mas que sobre necesidades metabólicas o requerimientos para su desarrollo (fisiológicos).

En forma resumida podemos decir que los requerimientos ambientales de algunas bacterias del hierro son conocidos. En el caso de *Gallionella* ellas requieren hierro ferroso disuelto (0,25 mg/l o mas pero siempre menos de 14 mg/l) calcio, CO₂ (mas de 20 mg/l), en Eh comprendido entre - 200 a - 320 mV.

También existe un grupo de bacterias heterotróficas, aerobias que precipitan el hierro férrico del agua. Estas no son filamentosas y corresponden a algunas cepas de *Pseudomonas* y aun de *Escherichia coli*; muchas de ellas viven temporariamente en aguas subterráneas y contribuyen al atascamiento de los pozos y al deterioro de la calidad de agua.

Debido a que la mayoría de estas bacterias son planctónicas (flotan) o débilmente adheridas a superficies una muestra bombeada probablemente produzca una muestra representativa de la población del pozo.

Las bacterias reductoras de sulfatos (BRS) son organismos ampliamente reconocidos como causantes de corrosión de metales. Su morfología y fisiología difiere de las anteriores; son anaeróbicas estrictas y utilizan los sulfatos de la misma forma que los aerobios utilizan el oxígeno. El producto final de su metabolismo es el sulfuro de hidrógeno, altamente agresivo para los metales.

Los géneros *Desulfovibrio* y *Desulfotomaculum* son los mas conocidos, actualmente se conocen 9 géneros mas como *Desulfobacter*, *Desulfuromonas*, *Desulfosarcina*, etc. con diferencias morfológicas y nutritivas a los dos géneros citados mas arriba.

Se ha sugerido que las BRS pueden ser clasificadas en dos amplios grupos nutricionales:

- aquellos que llevan a cabo sólo una oxidación parcial a acetato de un limitado rango de fuentes de carbono, tales como lactato.

- aquellas que pueden oxidar una gama mas amplia, de fuentes de carbono, tales como ácidos grasos.

Desde el punto de vista de su ecología, es sabido que son organismos componentes de "consorcios bacterianos" debido a que los organismos aerobios heterotróficos no solo les "abastecen" nutrientes que provienen de su metabolismo aerobio sino que, al consumir el oxígeno indispensable para sus funciones fisiológicas, generan condiciones ambientales favorables de bajo potencial redox, necesarias para el desarrollo de las BRS.

Las bacterias heterotróficas aerobias tienen la propiedad de adherirse a superficies metálicas por secreción de exopolisacáridos extracelulares, denominados "glicocálix". Esto lleva a la formación de películas biológicas sobre la superficie del metal. Se ha estimado que cuando esta película de bacterias aerobias o facultativas y sus polímeros extracelulares asociados alcanzan un espesor de 10-25 μ , las condiciones en la base de biopelícula podrían ser anaerobias y permitir la acción de las BRS. Otras estimaciones sugieren espesores de películas de 100 μ .

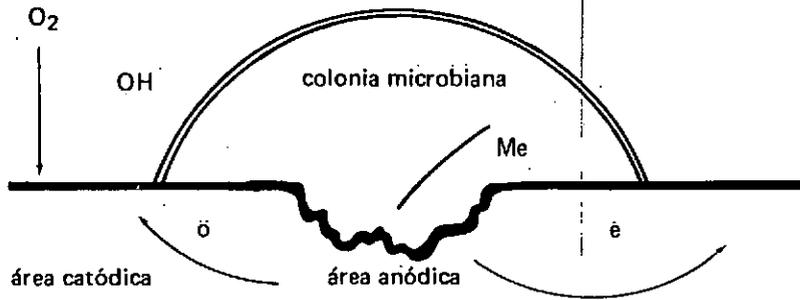
El reconocimiento de la importancia de los microorganismos en la corrosión de metales en contacto con el agua se tiene desde el siglo pasado. Gaines, a comienzos de siglo fue el primero en sugerir que las bacterias del hierro y del azufre eran las responsables de la corrosión de metales ferrosos enterrados.

Von Wolzogen Kühr y van der Vlugt fueron los primeros en dar posibles mecanismos de acción de las BRS con su teoría de la despolarización catódica. Los conceptos sobre corrosión inducida microbiológicamente están entonces íntimamente ligados a la comprensión de la fisiología, bioquímica y ecología de las BRS.

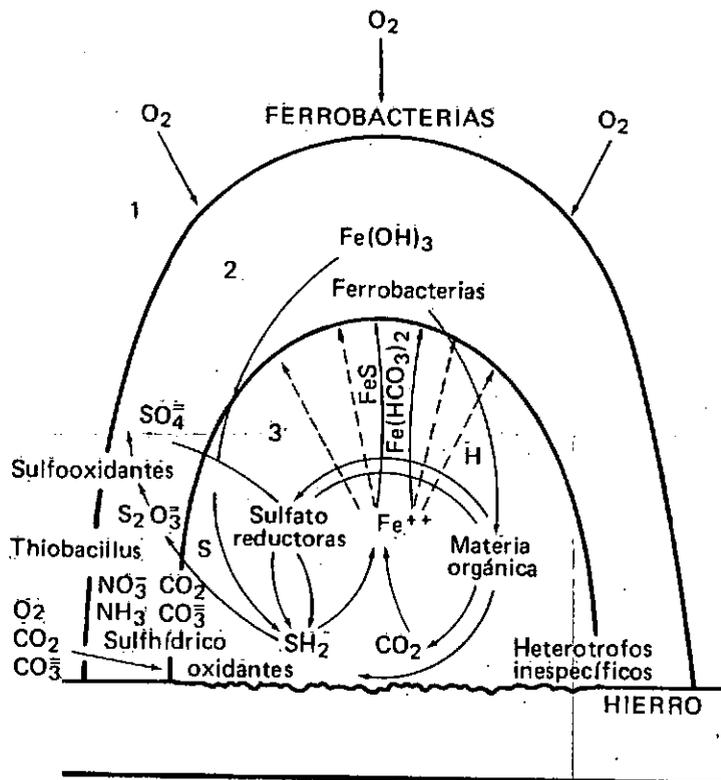
Esto no quiere decir que las únicas bacterias involucradas en la corrosión sean las BRS sino que han sido las mas observadas en función del número de casos hallados a campo.

Para comprender la importancia económica de los problemas de corrosión, Tiller en el Reino Unido estimó que los costos por deterioro de tuberías, fallas de equipos, mantenimiento preventivo, etc., ascienden a 300 - 500 millones de libras de esterlinas por año.

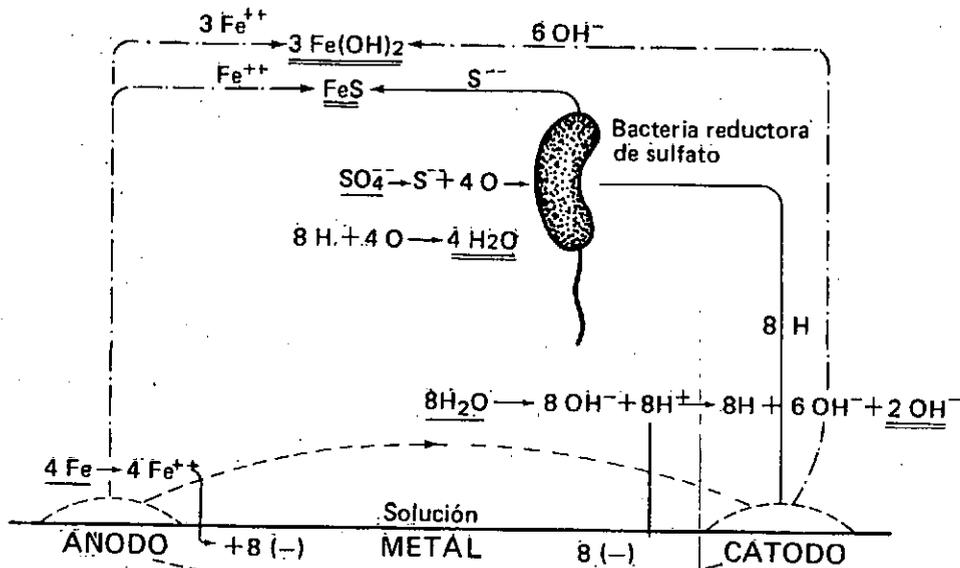
En nuestro país el tema de ensuciamiento biológico y corrosión inducida microbiológicamente (CIM) presenta un escaso desarrollo. Los niveles de estudio de estos fenómenos están orientados generalmente hacia trabajos experimentales de laboratorio referidos a la comprensión de los mecanismos de corrosión en la interfase agua metal y, por otro lado, a estudios a campo destinados a producir información sobre la existencia de estas bacterias en sistemas de agua de uso industrial o de consumo humano.



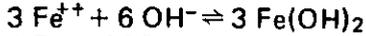
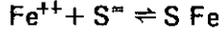
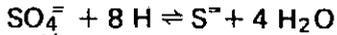
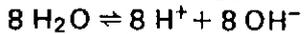
Esquema de la formación de una célula de aereación diferencial debida al ensuciamiento biológico.



Procesos bacteriológicos de formación de tubérculos (tomado de J. Perramon Torrabadella y R. Pou Serra: Actividad bacteriana en el interior de redes de distribución de agua y su relación con los fenómenos de incrustación y corrosión. Doc. Invest. Hídrol., 13, 111, 1972).



– Diagrama sobre la actividad metabólica de las bacterias reductoras de sulfatos en la corrosión inducida microbiológicamente. (SHARPLEY, J. M. ELEMENTARY PETROLEUM MICROBIOLOGY, GULF PUBLISHING COL - HOUSTON - TEXAS - 1962).



reacción anódica

disociación del agua

reacción catódica

despolarización catódica

productos de corrosión

reacción total

Reacciones involucradas en el mecanismo clásico de la corrosión bacteriana según la teoría de la despolarización catódica. (VON WOLZOGEN KUHR, C. A. H. and van der ULUGT, L. S. WATER 18: 147 - 1934).

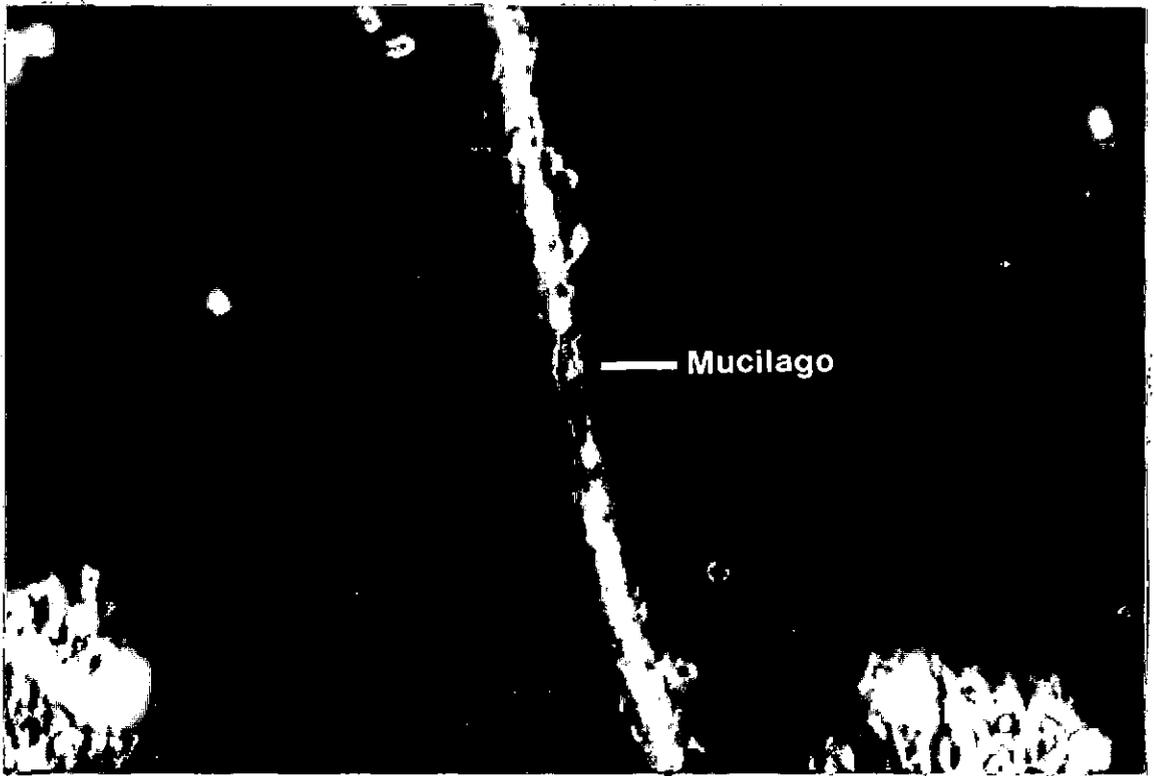


Foto 1

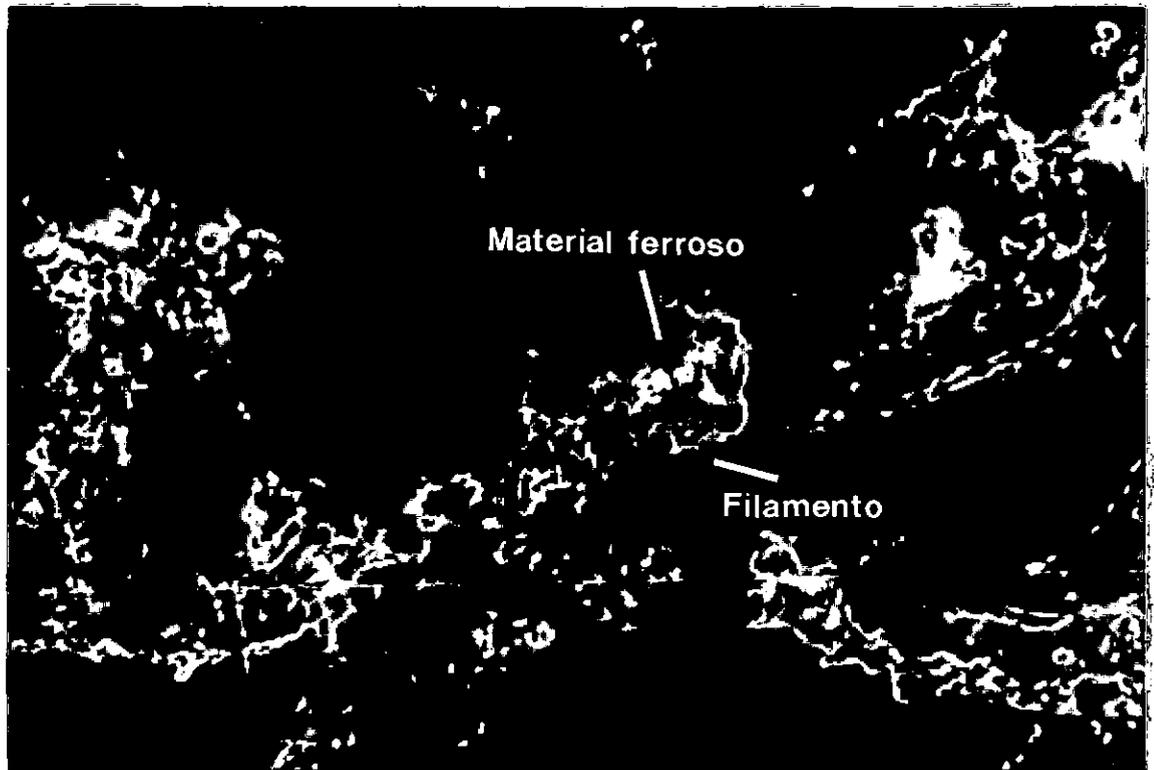


Foto 2

- Foto 1: Filamento de una bacteria precipitante y oxidante del hierro (BPOH). Nótese el mucílago (slime) que rodea la vaina.
- Foto 2: Típico filamento de una bacteria BPOH del grupo Sphaerotilus - Leptothrix rodeada de acúmulos de material ferroso.

Los colores no son los que originalmente se observan debido a que es un internegativo.

DIFERENTES AMBIENTES EN LOS QUE HABITAN LAS BACTERIAS DEL HIERRO

Géneros	Suelo	Agua Dulce	Sedimentos de lagos y ríos	Aguas de pozo y Sistemas de distribución
Toxothrix	-	+	+	-
Sphaerotilus	-	+	+	+
Leptothrix	-	+	+	+
Lieskeella	-	+	+	-
Crenothrix	-	+	-	+
Clonothrix	-	+	-	+
Pedomicrobium	+	+	-	-
Gallionella	+	+	+	+
Siderocapsa	-	+	-	+
Naumaniella	+	+	-	+
Ochrobium	-	+	-	+
Siderococcus	-	-	+	-

Adaptado de: The identification, Cultivation and Control of Iron Bacteria in Ground Water D. R. Cullimore and A.E. Mc Conn. In: AQUATIC MICROBIOLOGY. ACADEMIC PRESS. 1977.

Generos de bacterias oxidantes del hierro (BPOH) y de las bacterias precipitantes, no oxidantes del hierro (BPNH).

Grupo	Género	Autotrófico	Heterotrófico	Hierro no coloidal incrustado sobre la célula	Solo hierro precipitado
BPOH	Gallionella	+	-	+	-
BPOH	Toxothrix	-	+	∠	±
BPOH	Sphaerotilus	-	+	-	+
BPOH	Leptothrix	-	+	+	-
BPOH	Lieskeella	-	+	+	-
BPOH	Crenothrix	-	+	+	-
BPOH	Clonothrix	-	+	+	-
BPOH	Pedomicrobium	-	+	+	-
BPOH	Metallogenium	-	+	+	-
BPOH	Kusnezovia	-	+	+	-
BPOH	Thiobacillus	-	+	±	∓
BPOH	Siderocapsa	-	+	+	-
BPOH	Naumanniella	-	+	+	-
BPOH	Ochrobium	-	+	+	-
BPOH	Siderococcus	-	+	±	∓
*BPNB/BPOH	Pseudomonas	-	+	∓	+
*BPNB/BPOH	Hyphomicrobium	-	+	∓	+
*BPNB/BPOH	Arthrobacter	-	+	∓	+
BPNH	Aerobacter	-	+	-	+
BPNH	Serratia	-	+	-	+
BPNH	Bacillus	-	+	(∓)	+
BPNH	Klebsiella	-	+	-	+
BPNH	Alcaligenes	-	+	-	+
BPNH	Moraxella	-	+	-	+
BPNH	Corynebacterium	-	+	-	+
BPNH	Caulobacter	-	+	-	+
BPNH	Mycobacterium	-	+	-	+
BPNH	Escherichia	-	+	-	+

The identification, cultivation, and Control of Iron Bacteria in Ground Water - Cullimore y Mc Cann. In Aquatic Microbiology Academic Press - 1977.

ANTECEDENTES

Referidos específicamente a aguas subterráneas los primeros trabajos en la Provincia de Río Negro comienzan en el año 1979, en una perforación de Pilcaniyeu donde se observó que el agua extraída presentaba una coloración verde oscura y olor séptico. Este fenómeno se observaba en forma periódica y normalmente cuando se dejaba en reposo por algún tiempo.

Junto a estos síntomas el Laboratorio del DPA comprueba la presencia de organismos filamentosos en muestras de agua bombeada.

En el año 1983 se detectan problemas de corrosión e incrustación en un equipo de bombeo de una perforación reciente de Sierra Coloradá.

También en este caso se detectan organismos filamentosos pertenecientes al género *Sphaerotilus - Lepthotrix* no pudiéndose constatar la presencia de bacterias reductoras de sulfatos porque entonces no se disponía de las técnicas y medios de cultivo necesarios.

En el mismo año una perforación de Viedma manifiesta el desarrollo de olores sépticos y agua de color herrumbroso detectándose la presencia de bacterias del género *Gallionella*.

En este mismo año se observan síntomas de agua coloreada y olor séptico en una perforación de Comallo que renueva la sospecha de la difusión de estos fenómenos en la región, ya que una vez más se detecta la presencia de bacterias filamentosas del género *Sphaerotilus - Lepthotrix*.

En el año 1985, en una perforación de Villa Manzano se observan fenómenos de iguales características constatándose además la acumulación de material gelatinoso y aislamiento de bacterias del género *Lepthotrix*.

También en una perforación de Cnel. Belisle se manifiestan fenómenos similares detectándose bacterias del género *Sphaerotilus - Lepthotrix*.

Todos estos casos fueron presentados por el DPA en un Simposio Internacional llevado a cabo en 1986 en los Estados Unidos de Norteamérica y organizado por la American Water Resources Association.

Paralelamente en 1986, por convenio entre el Consejo Federal de Inversiones, y la Universidad Nacional de La Plata, a través del Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet", se realizaron trabajos similares en 32 perforaciones de Caleta Olivia, Santa Cruz, donde también se observa el desarrollo de estos fenómenos microbianos.

A fines de 1986 se realizan las Jornadas de Actualización en Hidrogeología organizadas por el C.F.I. en donde se intercambian las experiencias referidas anteriormente y de las cuales surge un Convenio de Cooperación Técnica entre el DPA - CFI - UNLP.

Este Convenio está actualmente en ejecución y el objetivo del mismo consiste en el intercambio de información científica, normalización de métodos de diagnóstico bacteriológico, desarrollo de

técnicas de monitoreo, mantenimiento y rehabilitación de perforaciones afectadas así como la capacitación de recursos humanos en el ámbito provincial.

Los estudios realizados en Sierra Colorada y las estrategias propuestas en dicho Convenio de Cooperación fueron remitidas y aceptadas para ser presentadas en dos Conferencias Internacionales a realizarse en Septiembre de 1990 en el Cranfield Institute of Technology de Bedford, Inglaterra.

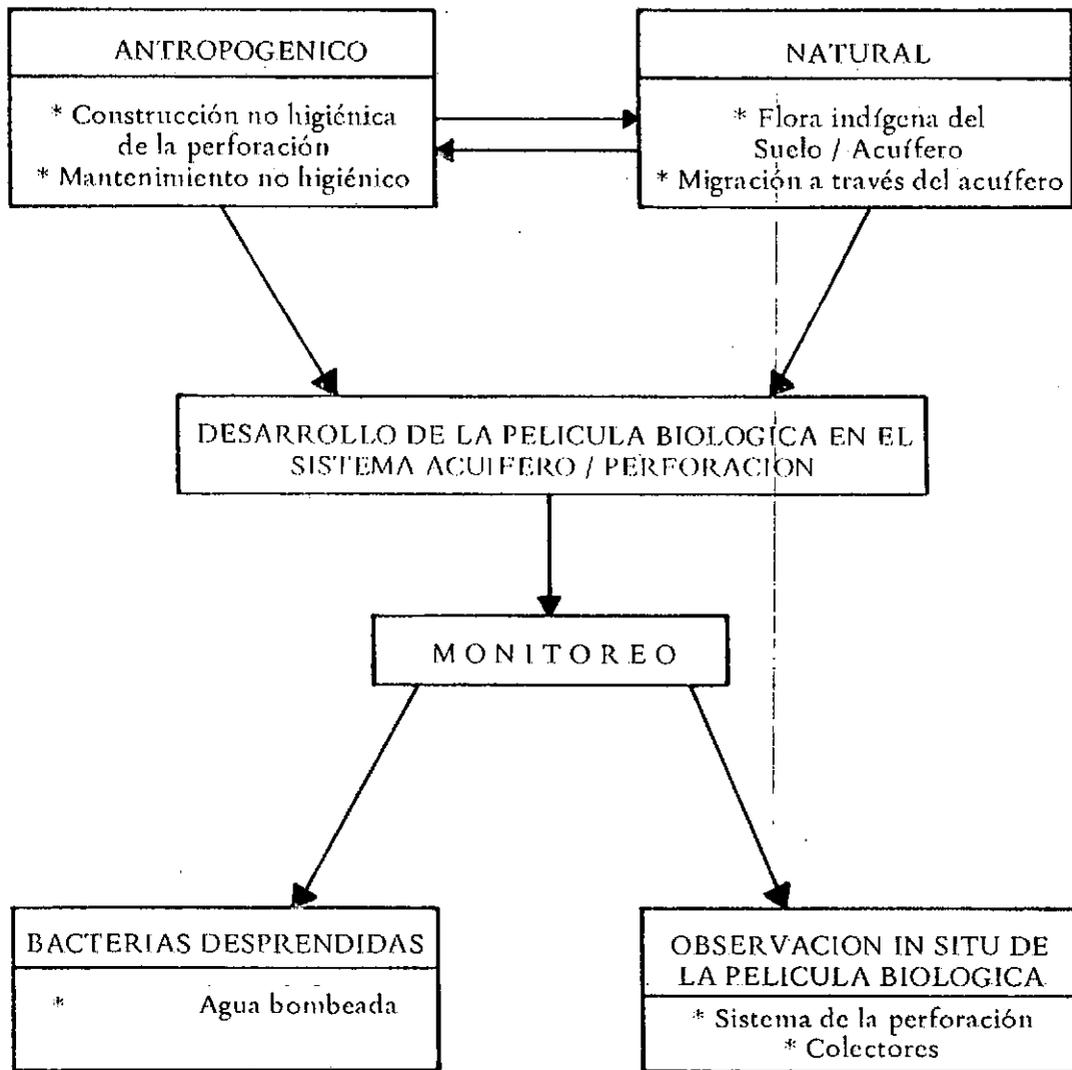
Otra consecuencia de las Jornadas fue la posibilidad de realizar tareas docentes y de asesoramiento en el ámbito de la Provincia de Catamarca por solicitud de la Dirección de Hidráulica provincial y de la Universidad Nacional de Catamarca.

También se efectuaron tareas de asesoramiento solicitadas por la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.

OBJETIVOS

La estrategia de trabajo propuesta para desarrollar en el transcurso de la ejecución de este Convenio está dirigida a mitigar el impacto de estos fenómenos sobre:

- a) **CALIDAD DE AGUA**
Mediante la eliminación del desarrollo de colores, olores y sabores objetables que afectan las cualidades organolépticas e inducen al usuario a recurrir a fuentes alternativas de incierta potabilidad.
- b) **COSTOS DE MANTENIMIENTO**
Mediante la detección temprana del problema evitando el deterioro de equipos e instalaciones a través de tratamientos preventivos aplicados en tiempo y forma.
- c) **MANEJO RACIONAL DE RECURSO**
Evitando la adopción de prácticas erróneas (como por ejemplo: abandono de perforaciones afectadas en su producción), abandono por sospecha de contaminación de otro origen, tareas de rehabilitación equivocadas por falta de un diagnóstico correcto y diseminación de la contaminación a otras regiones del acuífero.
- d) **RECURSOS HUMANOS**
Mediante la capacitación de los mismos para que desde una acertada comprensión del problema se generen acciones tendientes a incidir favorablemente en el logro de los objetivos señalados en los ítems precedentes.



Esquema conceptual de las fuentes potenciales de infección y las vías para monitorear el desarrollo de la película biológica en el sistema perforación / acuífero.

(Tomado de: Alcalde, R. E. and Gariboglio, M. A. (1990). Monitoring, maintenance and rehabilitation strategies for biofouling control in water wells in Rio Negro, Argentina. En impresión).

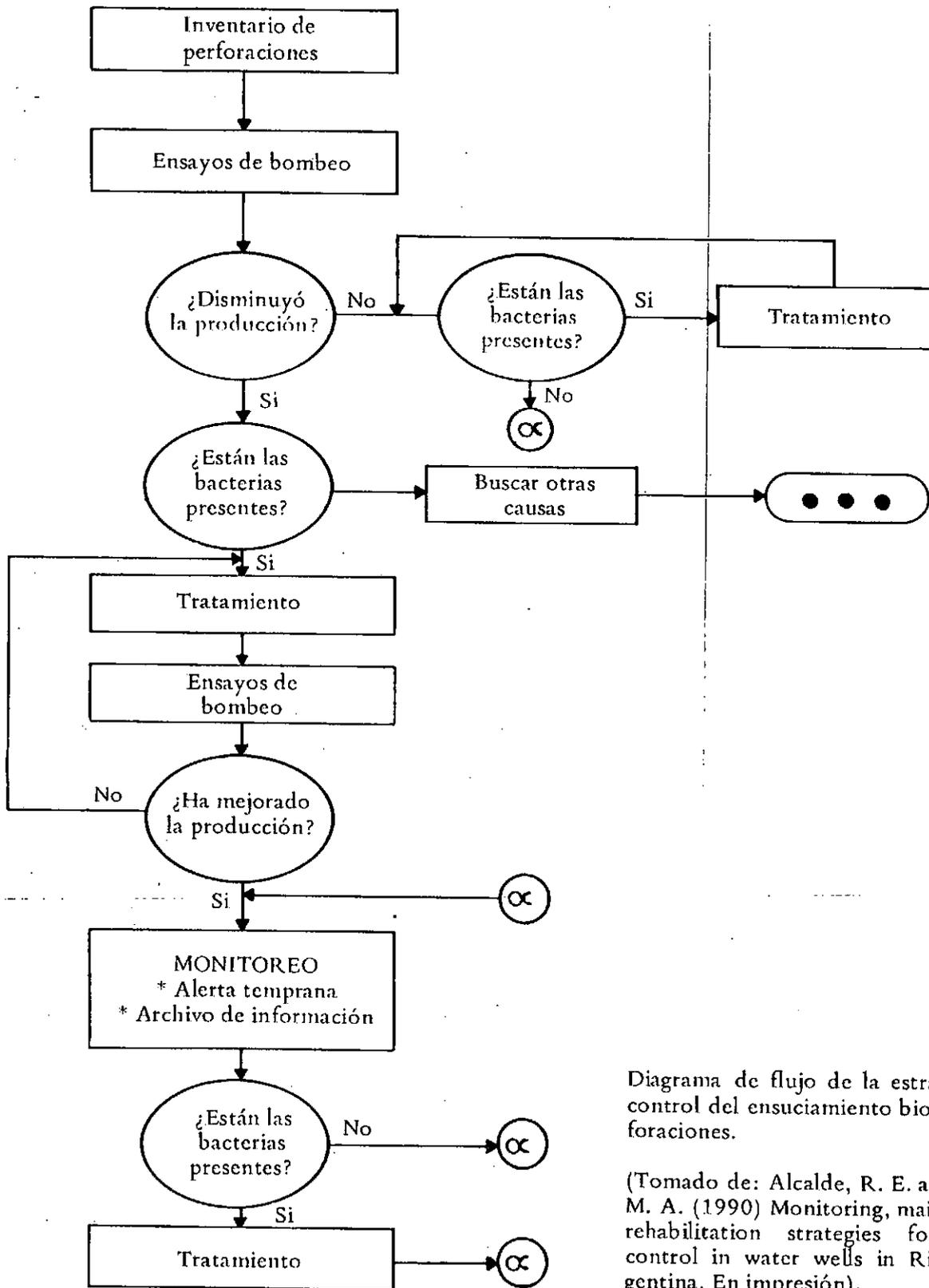


Diagrama de flujo de la estrategia para el control del ensuciamiento biológico en perforaciones.

(Tomado de: Alcalde, R. E. and Gariboglio M. A. (1990) Monitoring, maintenance and rehabilitation strategies for biofouling control in water wells in Rio Negro, Argentina. En impresión).

MATERIALES Y METODOS

La diferencia obvia entre corrosión química y bacteriana y problemas de incrustación es la presencia de bacterias. Los análisis bacteriológicos de rutina que realizan las autoridades de Salud Pública u Obras Públicas, están normalmente limitados a bacterias coliformes o coliformes fecales que no detectan a los grupos bacterianos estudiados en este trabajo.

El objetivo de este estudio fue establecer el origen biológico de las incrustaciones y de la corrosión observada en tuberías y bombas.

Los análisis bacteriológicos se efectuaron en el agua de perforaciones y en incrustaciones internas y externas de tuberías de impulsión y de bombas sumergidas.

Los grupos bacterianos estudiados fueron:

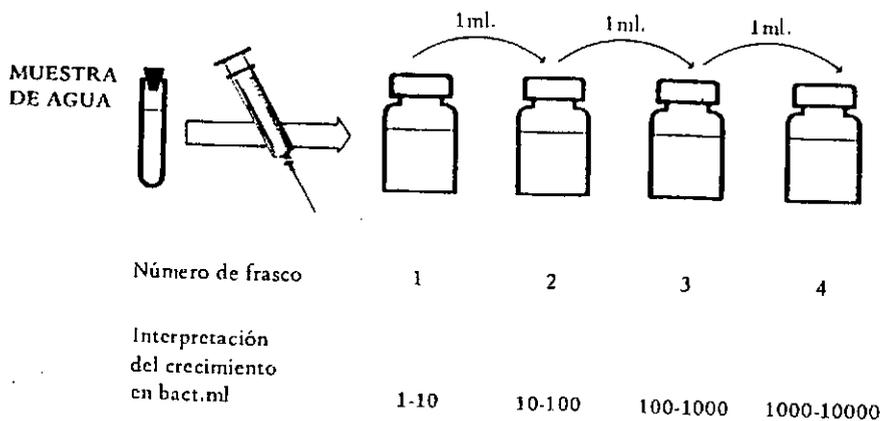
- bacterias aerobias "totales" (BAT)
- bacterias precipitantes, no oxidantes, del hierro (BPNH)
- bacterias reductoras de sulfatos (BRS)
- bacterias precipitantes, oxidantes del hierro (BPOH)

ANALISIS DE AGUA PROVENIENTE DE PERFORACIONES

ANALISIS CUANTITATIVOS

Se utiliza la técnica de dilución por extinción que consiste en inocular una serie de frascos tipo antibiótico que contienen 9 ml. del medio de cultivo de composición acorde al grupo bacteriano a cuantificar.

Técnica de recuento de bacterias por el método de dilución por extinción.



CALCULOS DE DENSIDAD BACTERIANA

Para calcular la densidad bacteriana se tienen en cuenta los frascos que manifiesten el crecimiento bacteriano (frascos positivos).

En este estudio se cuantificaron las bacterias aerobias "totales", heterotróficas, viables, mesófilas. El medio de cultivo empleado fue el caldo rojo de fenol dextrosa (DIFCO) diluido 1:2.

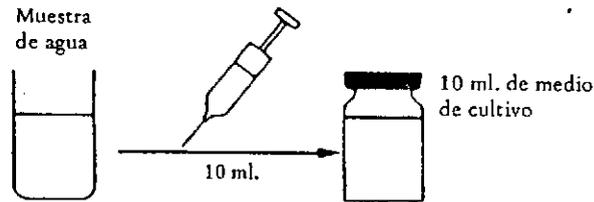
Los frascos positivos eran aquellos que manifestaban cambio de color al amarillo (por descenso del pH debido a la actividad microbiana) y/o turbidez.

ANALISIS CUALITATIVOS PARA BPNH

Se realizaron para conocer presencia o ausencia de BRS, BPNH

Se utilizaron los medios de cultivos correspondientes a ambos grupos (medio C de Postgate para BRS y citrato de hierro amoniacal para BPNH) 10 ml de medio estaban contenidos en frascos tipo anti-biótico de 20 ml de capacidad total.

Análisis cualitativo para bacterias precipitantes del hierro o bacterias sulforreductoras



10 ml del agua problema se inyectan con jeringa descartable estéril de 10 ml en sendos frascos y se incuban a 28° C durante 21 días observándolos diariamente.

El frasco positivo para BRS es aquel que se ennegrece totalmente debido a la formación de SFe merced a la actividad bacteriana.

El frasco positivo para BPNH, es aquel que manifiesta un precipitado floconoso de $(OH)_3Fe$, color ocre, decolorándose el resto del líquido que originalmente es de color verdoso - amarillento.

La velocidad en manifestarse la positividad dependerá de la cantidad inicial de ambos grupos bacterianos en el agua bajo análisis.

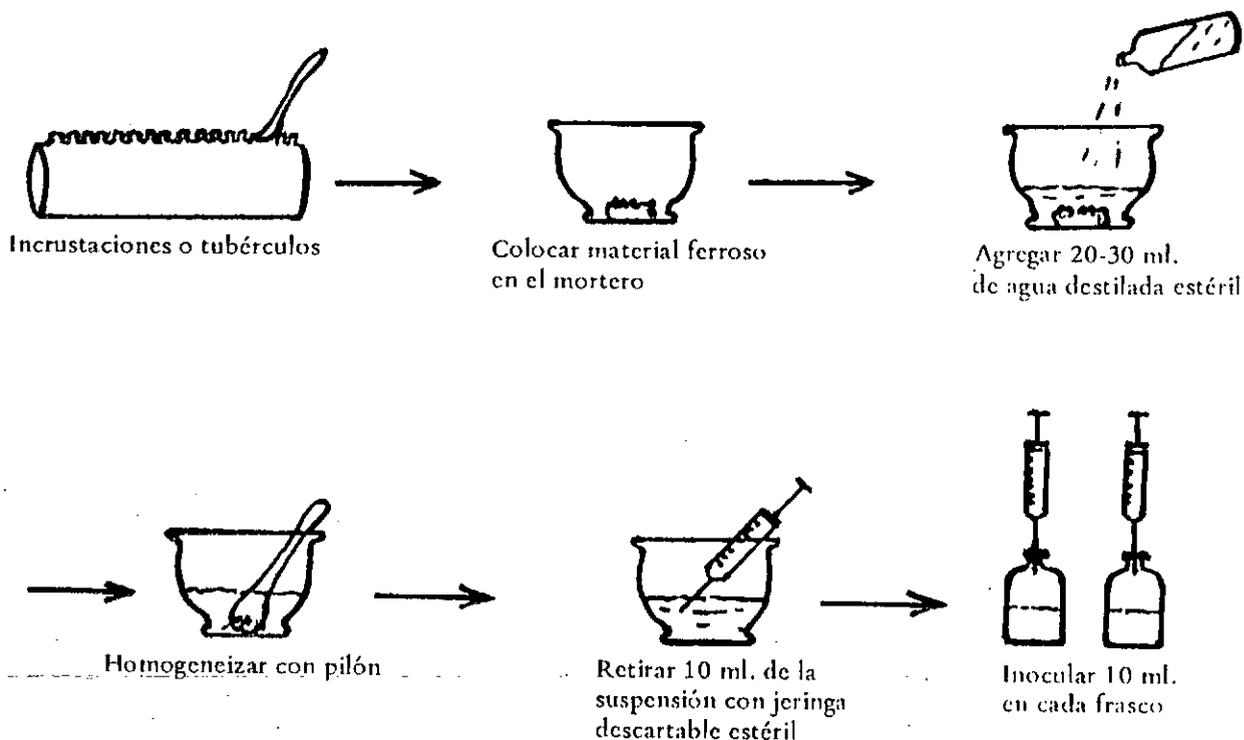
Una positividad en 48 horas indica una cantidad apreciable de bacterias en la muestra original, lo deseable es la ausencia de estos grupos, en especial, de las BRS.

ANÁLISIS CUALITATIVO PARA BPOH

Estos análisis se llevaron a cabo de acuerdo a la técnica descrita por Alcalde y Castronovo de Knott del Departamento Provincial de Agua.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS EN TUBERCULOS E INCRUSTACIONES DE TUBERIAS Y BOMBAS

Las muestras fueron tomadas de las incrustaciones y tuberculizaciones externas e internas de la tubería de impulsión y de bombas.



Toma de muestra, tratamiento de la misma e inoculación en medios de cultivo para detectar presencia o ausencia de BRS y BPH no oxidantes.

10 - 20 g de material ferroso húmedo se obtiene con una cuchara flameada con alcohol se deposita en un mortero estéril, se agrega agua destilada estéril (ADE) en cantidad suficiente para hacer una suspensión y se muele el material con el mango del mortero.

De esta suspensión se toman 10 ml. con jeringa descartable estéril y se inyectan en frascos que contienen medio de cultivo para BRS y BPNH. Los resultados se observan igual a lo expresado en análisis cualitativos de agua.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizaron los análisis bacteriológicos de los diferentes grupos bacterianos ya descritos y se relevaron los parámetros ambientales en 33 perforaciones correspondientes a 18 localidades de la Provincia (ver apéndice de Tablas).

En Sierra Colorada, Comallo y San Javier, se extrajeron los equipos de bombeo de los cuales se obtuvo un registro fotográfico de su estado y en los que se aplicaron métodos de rehabilitación que se describen por separado.

En la mayoría de los casos en que los valores de BAT fueron elevados ($10^3 - 10^4$), hubo resultados positivos para BRS y/o BPNH y se constató la presencia de bacterias filamentosas del hierro (BPOH) se comprobó el deterioro de equipos de bombeo, fundamentalmente en perforaciones de la Línea Sur.

De las tareas efectuadas en el Valle Medio, específicamente en Choel-Choel, los resultados indican que se podría estar frente a perforaciones amenazadas de sufrir estos problemas. Lo mismo se puede decir de algunas perforaciones del Alto Valle, por lo que se confeccionó una lista de acciones futuras en las perforaciones estudiadas y que constan en una Tabla.

El relevamiento de los parámetros ambientales indica, en general que se encuentran dentro del rango de valores que permiten el crecimiento y la actividad de los diferentes grupos bacterianos involucrados en los fenómenos de ensuciamiento y corrosión asistida biológicamente.

Por otro lado, se puede decir que estos fenómenos reconocen una amplia difusión y que la información obtenida servirá de base para delinear trabajos futuros y estrategias de prioridades.

Los análisis bacteriológicos practicados en muestras de agua bombeada se revelan como una herramienta confiable para establecer un alerta precoz y establecer así la necesidad de inspeccionar diferentes partes del Sistema.

Si bien no se pudieron realizar simultáneamente, las medidas de capacidad específica que se están llevando a cabo, aportaran nuevos elementos de juicio para correlacionar los resultados de los análisis biológicos con el comportamiento hidráulico de las perforaciones. Como podrá observarse en los aspectos económicos considerados (información recopilada por el Sr. Jorge Rivas, Jefe del DTM del DPA), estos fenómenos biológicos, han ocasionado costos elevados en el mantenimiento de las perforaciones atacadas.

La capacitación de los recursos humanos provinciales permitirá una mayor comprensión de estos fenómenos y de sus causas, el interés demostrado por los asistentes al Seminario dictado en el ITMAS "Los Alamos" hace prever un cambio de actitud en las tareas operativas que tenderán a ir mejorando la situación paulatinamente, ya que una de las causas probables, para la instalación de estos procesos de deterioro, es el mantenimiento no higiénico de las perforaciones.

Con respecto a las técnicas de rehabilitación y desinfección de perforaciones atacadas habrá que mejorar el equipamiento necesario para estas tareas y efectuar una evaluación previa del método a emplear de acuerdo a la experiencia recogida hasta la fecha.

Resumiendo se puede señalar que:

- Las técnicas analíticas utilizadas aparecen como herramientas confiables para establecer un diagnóstico precoz.
- Las tareas de rehabilitación de perforaciones atacadas han resultado eficaces, si bien se necesita un mayor desarrollo de las mismas.
- La dispersión de estos fenómenos en la Provincia es amplia y ocasiona elevados costos de mantenimiento.
- La Provincia dispone en la actualidad de antecedentes como para establecer prioridades, de una estrategia de monitoreo y de personal mas capacitado para mitigar la incidencia de problemas futuros.

De la articulación de lo antes señalado y persistiendo en las tareas realizadas y en las propuestas mas adelante se evitará llegar a situaciones que pongan en dificultades el suministro de agua a la población, cuando este provenga de captación de aguas subterráneas.

Indirectamente, se consigue una mejor preservación de los recursos y una explotación mas racional de los mismos.

TRATAMIENTO DE DESINCRUSTACION Y DESINFECCION DE PERFORACIONES QUE PRESENTEN OBTURACION DE ORIGEN BIOLÓGICO

Habiéndose comprobado el origen biológico de las incrustaciones mediante los análisis bacteriológicos descritos anteriormente para muestras de agua bombeada y material adherido a tuberías y/o bombas se implanta un tratamiento de estimulación ácida y posterior desinfección de la perforación. El tratamiento descrito mas abajo es uno de los sugeridos por diversos autores y fue el aplicado en el caso de Sierra Colorada. Como todo tratamiento presenta limitaciones, en este caso, relacionadas al material constructivo del caño filtro siendo aplicables en los casos en que éste está construido en acero inoxidable.

En la actualidad se están recomendando tratamientos menos agresivos, como el uso del agua a presión (hidro-jet) tal como el aplicado en la localidad de Comallo.

El bactericida será un poderoso agente oxidante, un clorógeno. La limpieza será efectuada con ácido clorhídrico (HCl), ambos procesos acompañados de agitación de las soluciones.

Experiencias realizadas por Grainge y Lund en Canadá demuestran que es de vital importancia el tiempo de contacto y la concentración de la solución de cloro, recomendándose tiempos de contacto no menores de 18 horas y concentraciones no inferiores a 300 ppm.

En los casos de pozos de agua que han sufrido obturación en los filtros, atribuibles a la acción de bacterias del hierro, se aconseja un tratamiento en tres etapas (Scott).

- 1) Tratamiento de "shock" con cloro o clorógenos.
- 2) Tratamiento con HCl concentrado.
- 3) Tratamiento final de "shock" con cloro o clorógenos.

PRIMERA ETAPA:

Una enérgica cloración del pozo con solución de cloro de 1.000 ppm., que se coloca en el pozo de tal manera que llene íntegramente el caño filtro. Para ello se pueden utilizar varias fuentes de cloro, a saber:

- Gas cloro (100% de Cloro activo).
- Hipoclorito de sodio (8 a 10% de cloro activado).
- Cloruro de calcio (20% de cloro activo).
- Hipoclorito de calcio (70% de cloro activo).

De todas ellas, es preferible el nombrado en último término, por su alto porcentaje de cloro activo y por presentarse en pastillas. Se descartarían las otras fuentes porque generan menos cloro, se debe usar mas cantidad, son líquidos (hipoclorito de sodio) o en el caso de gas cloro, porque es peligroso su manipuleo por ser corrosivo y producir vapores tóxicos, que pueden ser inhalados por el personal. La cantidad de reactivo a utilizar depende del volumen del pozo.

Cualquiera sea la fuente de cloro elegida, el producto se introducirá en el fondo del pozo y se lo dejará quieto por unas 4 o 5 horas. Luego el pozo deberá ser pistoneado o agitado vigorosamente durante una hora, para distribuir la solución de cloro dentro del acuífero. Se dejará reposar por espacio de 24 hs. para dar oportunidad de que el cloro entre en contacto con la mayor cantidad posible de bacterias.

Ese reposo va seguido de una agitación enérgica usando para los procedimientos de desarrollo de pozos, como pistones mecánicos, aire comprimido o el mas efectivo, que es el chorro de agua a alta velocidad.

Se agita durante 24 hs. y luego se desocupa el pozo a sumideros hasta que el agua salga clara y sin olor a cloro. Durante esa etapa es de esperar que se evacuen gran cantidad de desechos, particularmente si el desarrollo fue efectivo.

Cuando se halla terminado el bombeo o la eliminación de los reactivos introducidos en el pozo y este quede limpio, se deberá hacer un aforo del pozo para determinar su capacidad específica (Q/s). Este valor deberá ser comparado con la capacidad específica original del pozo antes del tratamiento en su primera fase y se determinará la eficacia de esa primera etapa.

SEGUNDA ETAPA:

Consiste en la acidificación del pozo con HCl concentrado, al que preferentemente se le adicionará un inhibidor de la corrosión para la protección de las partes ferrosas de la estructura del pozo. Se llena el filtro con ácido mediante una manguera de plástico o una tubería de acero negro (no galvanizado). Se deja actuar el ácido por 4 a 6 hs. y luego se lo agita para distribuir la solución. Después se llena el pozo con agua para forzar la solución hacia el acuífero, para disolver cualquier incrustación de carbonatos y debilitar las bacterias de hierro como operación preparatoria de la etapa siguiente del ciclo de tratamiento. Se lo deja en reposo toda la noche, para luego agitar y desartollar nuevamente durante 4 hs. A su término se elimina todo el contenido del pozo, limpiándolo y descargando hasta no detectar más ácido. Nuevamente se ensaya la capacidad específica a efectos comparativos.

TERCERA ETAPA:

Se trata de otro tratamiento de "shock" con cloro, procediéndose de la misma forma que se hizo el primero. En esta etapa, sin embargo, se harán esfuerzos para que circule una solución de cloro concentrada por todo el pozo, tuberías, válvulas y bombas, para eliminar cualquier fuente posible de bacterias que pueda reinfestar nuevamente la perforación.

Durante todo el tratamiento integral del pozo se tendrá presente que se manejan soluciones peligrosas y se tomarán las correspondientes medidas de seguridad, protegiendo al personal con ropa adecuada, guantes de goma, antiparras y máscaras, manteniendo el sitio bien ventilado.

Es de señalar que a pesar del tratamiento enérgico, en ocasiones de gran obturación será menester repetir el procedimiento total hasta dos o tres veces (en particular el uso de cloro) para lograr mayores beneficios.

DIAGNOSTICO BACTERIOLOGICO Y TRATAMIENTO DE LA PERFORACION DE SIERRA COLORADA.

Originalmente, el servicio comenzó a prestarse mediante una perforación realizada en el año 1970 (Perforación N° 1).

En 1983, con el fin de aumentar la capacidad de producción se efectuó otra perforación (Perf. N° 2), situada a 30 mts., de la Perf. N° 1. Al poco tiempo de funcionamiento por fallas en el equipo de bombeo esta perforación quedó fuera de servicio.

Cuando se retiró su reparación se observó la existencia de intensos fenómenos de corrosión e incrustación en cañerías de impulsión y bomba, que motivaron la realización de estudios Bacteriológicos con el fin de diagnosticar el origen del problema (Alcalde y Castronovo de Knott, 1986) los cuales revelaron la presencia de bacterias filamentosas de hierro (BPOH).

Tiempo después y debido posiblemente a que ambas perforaciones se encontraban conectadas a la misma cañería de ingreso a la planta correctora, los fenómenos ante señalados comenzaron a manifestarse en la perforación N° 1.

En el presente año los fenómenos comenzaron a intensificarse en las dos perforaciones al extremo que no podía bajarse la bomba a la perforación N° 1 debido al estrechamiento del diámetro interno del filtro (fotos) y de obstruirse totalmente la perforación N° 2. Con el fin de mantener el suministro de agua se realiza la perforación N° 3 a 2 mts. de la N° 2.

Para el estudio de los diferentes grupos bacterianos involucrados en estos fenómenos se siguieron las técnicas descriptas en el informe técnico del trabajo realizado por el C.F.I. en Caleta Olivia - Santa Cruz (Gariboglio, M. A., 1986)

En el material proveniente de incrustaciones se obtuvieron resultados positivos para establecer la presencia de B.R.S. bajo depósito.

Dentro del programa de cooperación DPA - CFI en Diciembre de 1987 se llevaron a cabo tareas de prospección bacteriológica en aguas y en material ferroso proveniente de la desentubación de la perforación N° 1. Se realizaron ensayos preliminares de estimulación ácida y desinfección de la perforación N° 2.

MATERIAL Y METODOS

Las determinaciones de bacterias reductoras de sulfato (BRS) y bacterias precipitantes no oxidantes del hierro (BPNH) y bacterias filamentosas del hierro (BPOH) en muestras de agua y materia proveniente de incrustaciones y tubérculos fueron realizadas mediante las técnicas y medios de cultivo ya descriptos.

El tratamiento de desincrustación de la perforación N° 2 consistió en dos agregados de ácido clorhídrico grado técnico, mediante la tubería de inyección de aire comprimido del sistema de

bombeo por compresor, seguidos del agregado de igual volumen de agua por el caño camisa con el objeto de forzar la introducción del ácido en el acuífero. El tiempo de contacto en cada tratamiento ácido de 24 hs., durante las cuales se agitó periódicamente mediante la inyección en su mayoría presentaban color verdoso a herrumbroso y una alta turbidez indicando el grado de remoción de material incrustante.

Durante todo el tratamiento el pH se mantuvo entre 1,3 y 2,8, valores en los cuales el hierro es soluble.

Después de cada tratamiento se bombeó por compresor para eliminar el ácido remanente. El efluente de este bombeo fue recolectado en un pozo adyacente y neutralizado con cal hidratada.

La desinfección se realizó con una solución de hipoclorito de calcio agregada por la tubería de inyección de aire comprimido, obteniéndose en el primer agregado un cloro residual de 1000 ppm el cual fue bajando hasta valores 700 ppm. por lo cual se agregó una nueva dosis alcanzándose valores iniciales de 4200 ppm que decayeron al cabo de 4 hs. a valores de 280 ppm lo que indican un alto consumo de cloro. Se efectuó un bombeo por compresor resultando en un efluente de gran turbidez y de color herrumbre (ver foto) que se tornó de aspecto límpido después de 5 hs., de bombeo por compresor a un régimen de 900 - 1000 l/h.

Debe destacarse que en las tareas de desinfección no se cumplieron las etapas previamente diagramadas debido a que no pudiendo contar con un buen sistema de agitación de hipoclorito de calcio se obturaron las aberturas del caño por el que fue introducido lo que obligó a desarmar la cañería para limpieza.

Por otro lado, se hizo evidente la necesidad de disponer de un caudal de bombeo superior al que se alcanzó lo que obligará en un ensayo futuro a revisar este aspecto.

EFFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO DE REHABILITACION

En enero de 1988 se realizó una prueba de bombeo en la perforación N° 2 para determinar la efectividad del tratamiento que de acuerdo con los resultados obtenidos (ver Tabla) se puede estimar que la recuperación fue de un 99%/o

COMENTARIOS

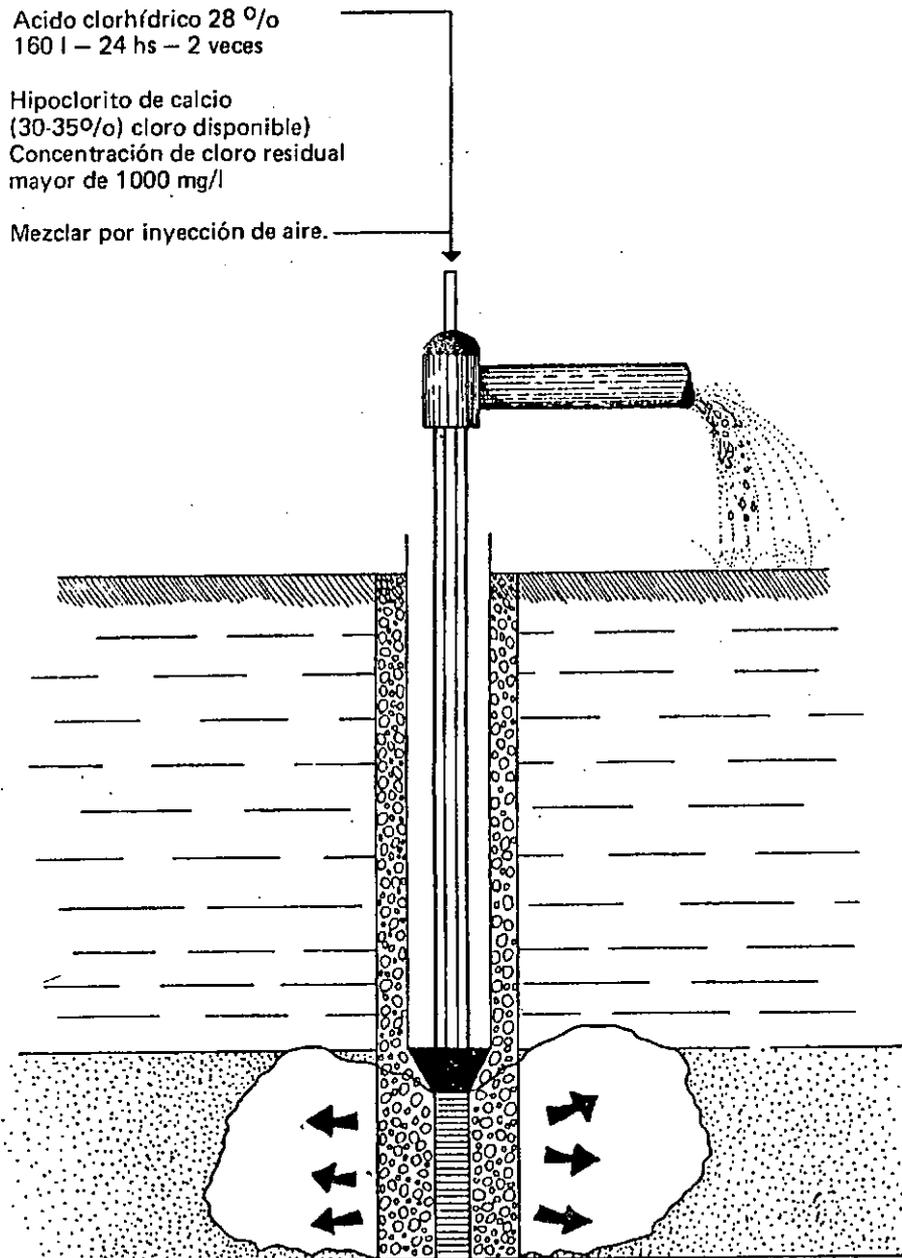
Puede observarse que los fenómenos de incrustación y corrosión influenciada biológicamente presentan una gran dispersión en la Provincia pero en el caso de Sierra Colorada se manifiestan en su máxima intensidad ya que el suministro de agua se vio interrumpido para la población.

El tratamiento descrito fue exitoso no sólo porque la perforación retomó los niveles de producción originales, sino porque subsecuentes análisis bacteriológicos demostraron la eficacia de la desinfección evidenciados en resultados negativos varios meses después. Otra comprobación que en Noviembre de 1989 el equipo de bombeo de la perforación N° 2 fue retirado verificándose que no presentaba lesiones típicas de ataque bacteriano.

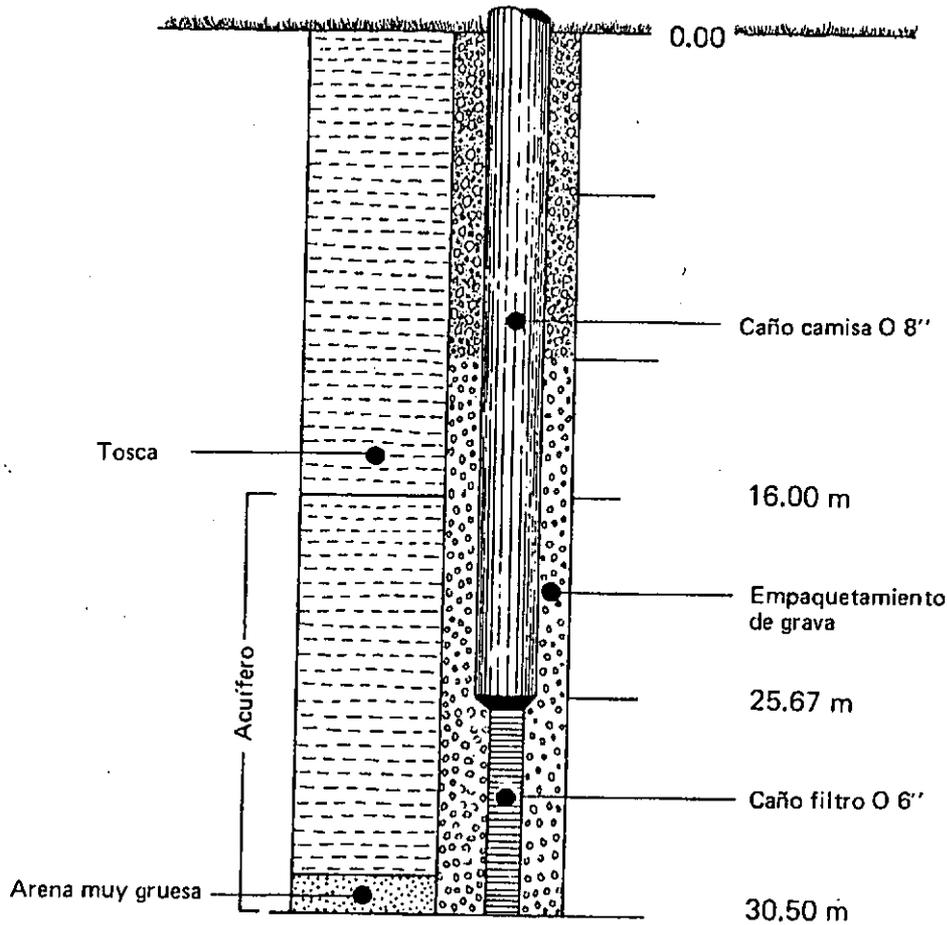
Acido clorhídrico 28 %
160 l – 24 hs – 2 veces

Hipoclorito de calcio
(30-35% cloro disponible)
Concentración de cloro residual
mayor de 1000 mg/l

Mezclar por inyección de aire.



Tratamiento químico de rehabilitación de la perforación N° 2 de Sierra Colorada



Características de la perforación N° 2 de Sierra Colorada

DATOS DE LOS ENSAYOS DE BOMBEO DE LA PERFORACION N° 2 DE SIERRA COLORADA

Ensayo de bombeo	Nivel estático (m)	Producción m ³ /h	Nivel dinámico (m)	Abatimiento (m)
A	15,75	25,0	23,10	7,35
B	15,18	24,8	22,57	7,39

A = datos de construcción --- B = después del tratamiento de rehabilitación

A partir de estos datos las correspondientes capacidades específicas son:

$$A = 3,40 \text{ m}^3/\text{hm}$$

$$B = 3,36 \text{ m}^3/\text{hm}$$

Porcentaje de recuperación estimada = 99%o

TRATAMIENTO DE DESINCRUSTACION Y DESINFECCION DE LA PERFORACION Nº 1 DPA (Nº 2 ITMAS) DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE COMALLO

DATOS DE LA PERFORACION

Fecha de ejecución:	5 - 12 - 77
Profundidad total:	99 m (m.n.s.)
Caño camisa:	Ø 8" - 76 m (m n.s.)
Filtro:	Ø 8" - ranura continua - 15 m
Ubicación del filtro:	desde 76 m hasta 91 m
Caño depósito:	Ø 8" - 8 m

Se ignoran otros datos.

DATOS DE FUNCIONAMIENTO ANTES DEL TRATAMIENTO :

EQUIPO DE BOMBEO: bomba CSB UPD212/11, $Q = 15 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100 \text{ m}$ colocada con su boca de aspiración a 91.67 m (m.n.s.). Rendía un Q estimado de 3 a 4 m^3/h elevados al tanque de almacenamiento, "observándose la aspiración de aire durante el proceso".

No se efectuó la medición de niveles estático y dinámico por estar en funcionamiento la perforación Nº 2 (DPA; ITMAS Nº 4) la cual interfiere a la perforación en estudio.

EXTRACCION DEL EQUIPO DE BOMBEO

Se extrajo el caño columna de 63 mm (2 1/2 ") de diámetro constituido por 28 tramos de 3,20 m, los tres primeros de hierro galvanizado (antigüedad menos de 1 año) y el resto de acero común (antigüedad aproximada 5 años) y un tramo de acero común de 1,60 m. A partir del tramo número 18 (56.82 m m.n.s.) se observó la tuberculización de la cañería, con las características propias del fenómeno de origen biológico. Este ataque se presentaba con intensidad en los primeros tramos a partir del Nº 18, interrumpiéndose luego para reaparecer en los últimos tramos colocados inmediatamente por encima de la bomba. Se efectuaron cultivos del material raspado de los tubérculos para verificar la presencia de bacterias sulfatorreductoras en los mismos (algunos de los cuales a la fecha, 4 - 5 - 90, ya han dado resultado positivo). Se observó que raspando los tubérculos la superficie del metal presentaba aspecto brillante mostrando el fenómeno denominado "pulido químico". Por otra parte, el interior de los caños se encontraba revestido por un material de consistencia pastosa y color negro, y el agua contenida dentro de los mismos tenía el mismo color. En el interior de los caños se observó moderada tuberculización.

En la bomba se observó, antes del desarme, intensa tuberculización e incrustación en la parte externa del cuerpo de bomba y zona de boca de aspiración. Una vez desarmada la bomba se observaron incrustaciones y depósitos extensos con pérdidas de material en las cámaras difusoras de hierro fun-

dido, siendo las mismas irrecuperables; los impulsores de bronce presentaban profundo desgaste, reduciéndose el espesor de la pared a un 50 % aproximadamente. Por el tipo de desgaste se deduce que la bomba ha arrastrado material abrasivo. En resumen se puede decir que se ha perdido el cuerpo de la bomba completo.

TRATAMIENTO

Debido a la gran capacidad del filtro y del caño depósito y ante la imposibilidad de descartar un problema de falta de recarga del acuífero como causante de las anomalías observadas, se optó por no realizar un tratamiento químico, por su elevado costo, empleándose la desincrustación mediante hidro-jet.

Previo a las maniobras con el hidro-jet se agregó a la columna de agua contenida en la perforación una dosis de hipoclorito de calcio de aproximadamente 4 Kg.

La limpieza se efectuó utilizando un equipo de bombeo de agua a alta presión (hidro-jet), trabajando en este caso a una presión comprendida entre 75 Kg/cm² a 100 Kg/cm².

Se utilizaron en primer término para el trabajo en la zona del filtro, boquillas reformadas en el DPA con chorro radial. Se tomaron muestras observándose el desprendimiento de material proveniente de tubérculos. Se efectuaron ocho pasadas en sentido ascendente y otras tantas en sentido descendente, variando la posición de la boquilla. Posteriormente se colocó la boquilla original (un chorro al frente y chorros oblicuos hacia atrás) y se efectuaron otras tantas pasadas a toda la columna.

COLOCACION DEL NUEVO EQUIPO DE BOMBEO

A raíz de estar inutilizable el equipo de bombeo extraído se colocó una electrobomba sumergible marca EGIA 6S16 10/6 de $Q = 21$ m³/h a 70 m con parte de la cañería extraída, previa limpieza con agua a alta presión y desinfección con cloro.

La boca de aspiración de la bomba quedó colocada a aproximadamente 81.40 m (m.n.s.) con un rendimiento de 7 m³/h elevado al tanque de almacenamiento "sin observarse aspiración de aire durante el proceso".

CONCLUSIONES

Si bien no se pudieron efectuar mediciones de niveles hidráulicos por no contar con los medios necesarios, se puede considerar que el bajo caudal obtenido con el equipo primitivo no era un problema atribuible al mismo a pesar de su desgaste, debido a que estando colocado a una profundidad mayor que el equipo por el cual fue reemplazado, su rendimiento era menor que el de éste y aspiraba aire, mientras que este último no lo hace a pesar de estar colocado aproximadamente 10 m más arriba.

Como conclusión se puede decir que esto es un indicio de mejoramiento del rendimiento del pozo, a pesar de no poderse utilizar la electrobomba primitiva para realizar la comparación debido al estado de la misma.



Foto 1



Foto 2



Foto 3

- Foto 1: Agua de aspecto negruzco proveniente de la perforación sujeta a rehabilitación.
- Foto 2: Agua intensamente coloreada proveniente de la perforación intervenida.
- Foto 3: Aspecto del agua de la perforación Nro. 1 que presentaba síntomas de ataque bacteriano.



Foto 4



Foto 5



Foto 6

- Foto 4: Intensa tuberculización en cañería de impulsión de la perforación Nro. 1.
- Foto 5: Tramo final de la cañería de impulsión de la perforación Nro. 1 de tuberculización.
- Foto 6: Corrosión bajo depósito en la que se observa la capa negra de sulfuro de hierro y por debajo el pulido químico del material con pérdida del mismo.

TRATAMIENTO DE LA PERFORACION DE SAN JAVIER

El 1-6-90 se llevó a cabo un tratamiento de rehabilitación en la perforación del servicio de San Javier cuyos datos se dan a continuación:

DATOS ORIGINALES (DTM - 1982)

Profundidad: 10 m
Caño camisa: O 8" hasta los 7 m b.b.p.
Caño filtro: Johnson, O 6", longitud 3 m.
Nivel estático; 1,35 m b.b.p.
Nivel dinámico (Q = 18.000 l/h): 7,80 m.
Caudal de funcionamiento estimado: 15.000 l/h (año 1982).

Esta perforación fue estudiada por presentar considerable disminución en su rendimiento. La investigación de bacterias del hierro y reductoras de sulfato arrojó resultados positivos, por lo cual se decidió llevar a cabo un tratamiento de rehabilitación. Se optó por emplear la desobstrucción mediante agua a alta presión.

Previo a retirar el equipo de bombeo se realizó un ensayo de bombeo el cual arrojó los siguientes resultados.

Nivel estático: 2,98 m b.b.p.
Nivel dinámico (Q = 9100 l/h): 9,18 m b.b.p.

Se utilizó la electrobomba sumergible que estaba en funcionamiento, la cual tenía su boca de aspiración a 9,20 m b.b.p., cuerpo forrado en acero inoxidable y caño de 2" en H^o G^o. La cañería de impulsión está constituida por un niple de 0.30 m, dos tramos de cañería de 3,20 m cada uno y el último tramo (inmediatamente por encima de la bomba) de 1.30 m (se encontró totalmente deteriorado por tuberculización e incrustación). El filtro de la boca de aspiración de la bomba presentaba obturación parcial producida por material herrumbroso.

El tratamiento se efectuó mediante unas siete pasadas de hidro-jet a una presión de 55 a 60 Kg/cm².

Con posterioridad al tratamiento se efectuó desinfección con hipoclorito de sodio y pudo observarse que el nivel dinámico se mantenía igual con una ligera mejoría en la producción de la perforación.

Ante los resultados obtenidos se prevé realizar un tratamiento químico en esta perforación con miras a lograr un aceptable porcentaje de recuperación.

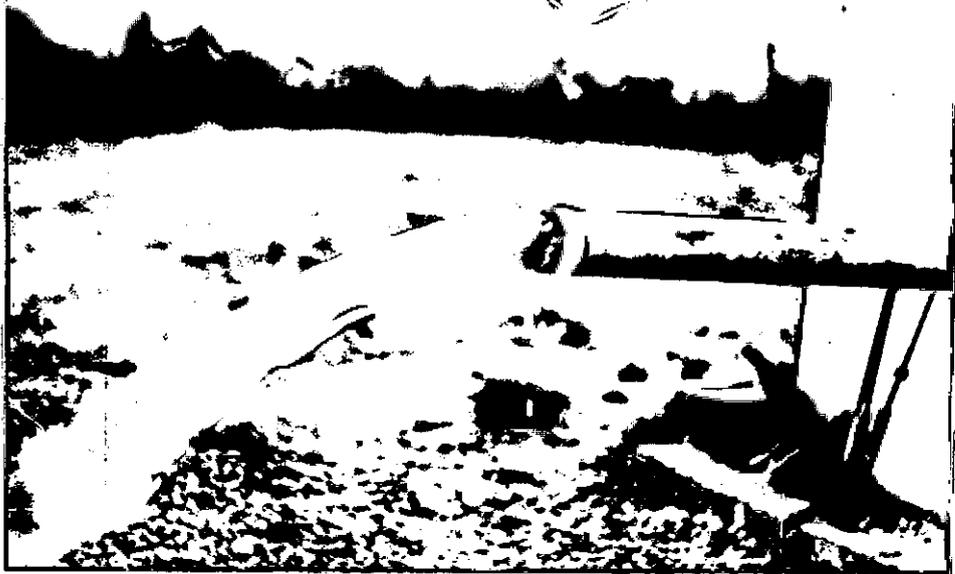


Foto 1



Foto 2

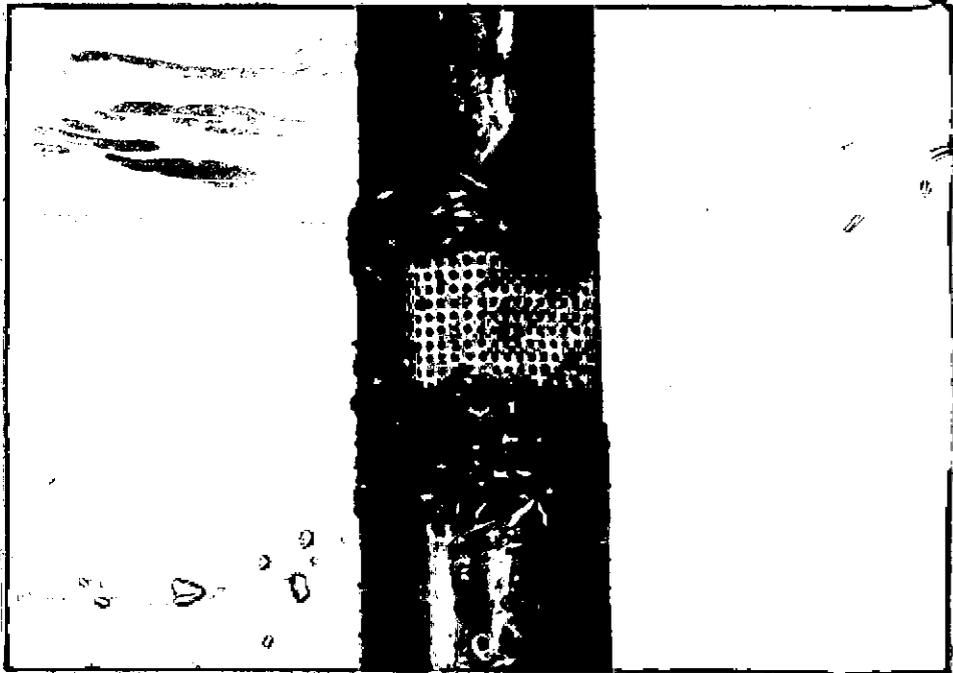


Foto 3

- Foto 1: Típico síntoma de producción de agua coloreada en perforaciones atacadas con bacterias del hierro.
- Foto 2: Intenso ensuciamiento biológico en un tramo de cañería de impulsión.
- Foto 3: Aspecto de la bomba sumergible acusando deposición de material de hierro por ataque biológico.

RECOPIACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO EN PERFORACIONES
DE LA LINEA SUR

SIERRA COLORADA

En el año 1983 con dos perforaciones, que denominaremos Pozos 1 y 2, este último de reciente construcción y el primero, funcionando desde la puesta en marcha del servicio (Aprox. 1971).

POZO N° 1:

Esta perforación ejecutada en diámetro 6" y sin mayores datos, ya que era de construcción anterior a la constitución de este Dpto., tenía instalada una electrobomba tipo pozo profundo, marca Iruma IRU4 de 25 m³/h y H = 30 m., colocada a 24 m. b.b.p. Se observaba cada vez que había que desmontar el equipo, dificultades para extraerlo o colocarlo, aproximadamente a los 17 m., b.b.p., atribuibles en ese entonces a una torcedura en la columna de la perforación.

En forma cada vez más continua hubo que cambiar cañería de columna y transmisión de bomba, por intensa incrustación y corrosión, observándose también en este movimiento, coloración del agua muy intensa y desprendimiento de olores nauseabundos. Debido a los continuos problemas enunciados se decidió sacarla de servicio y aprovechando maquinaria del ITMAS, se procedió a desmontar en forma completa el entubado del pozo, descubriéndose una profunda incrustación y corrosión de la misma, destacándose que el impedimento descrito para la instalación del equipo se debía a la gran presencia de tubérculos que cerraban prácticamente el diámetro del conducto. Documentación gráfica de esta anomalía ha quedado registrado en el organismo.

POZO N° 2:

La habilitación de este pozo data del año 1983 y sus datos se adjuntan a ésta. Para su ensayo y desarrollo se utilizó una electrobomba sumergible Jhonston 6AC-5C de Q = 12 m³/h y H = 100 m. y que había sido utilizada en el Pozo N° 1 de Comallo. Al año siguiente hubo que reemplazar el equipo y cañería de elevación, que era de acero común siempre por las mismas causas.

Se instaló en su lugar una electrobomba sumergible Motorarg BMS 655/10 de Q = 25 m³/h y H = 60 m., con cañería de elevación de 62 mm en hierro galvanizado, colocada a 24 m. b.b.p. (CSSC./84). A partir de ese momento se observó una disminución en el rendimiento de la producción del pozo, llegando a ser nula la afluencia de líquido en 1987, por lo que se decidió efectuar el tratamiento correspondiente para la eliminación de obturaciones y desinfección, cuyas indicaciones se adjuntan (CCSC/87).

Terminado el mismo se instaló nuevamente el mismo equipo con cañería nueva de la misma característica, observándose la recuperación total de los niveles de producción del poco. En 1989 se constató el buen estado de esta instalación, cambiándose solamente algunos tramos de la cañería, que presentaban signos de corrosión (CSSC/89).

POZO N° 3:

Este se halla en funciones desde 1988 con una electrobomba sumergible Egia 6S16-10/6 de Q = 25 m³/h y H = 60 m ubicada en las mismas condiciones que la anterior, sin presentar ninguna anomalía.

En el año 1985 fue habilitada al servicio y en 1986, debido a observarse problemas en el funcionamiento, se decide el cambio del equipo de bombeo, colocándose una electrobomba E y L BV-6-BS de $Q = m^3/h$ y $H = 50$ m. (CSMaq./86). La cañería de la bomba y sus transmisiones se encontraban totalmente incrustadas y corroídas. En el año 1987 se vuelve a cambiar el equipo por las mismas razones enunciadas anteriormente (CSMaq.2/87). Se coloca una electrobomba sumergible marca Sylwan MC8 de $Q = 27,5 m^3/h$ y $H = 50$ m., ubicada a 33,5 mts. b.b.p., con cañería de elevación de hierro galvanizado de 3".

En 1989 hubo que recambiar esta cañería por el mismo motivo: corrosión e incrustaciones excesiva. (CSMaq./89).

En la actualidad ambas perforaciones funcionan sin novedad.

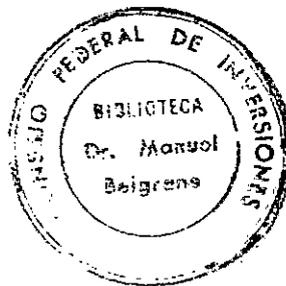




Foto 1



Foto 2

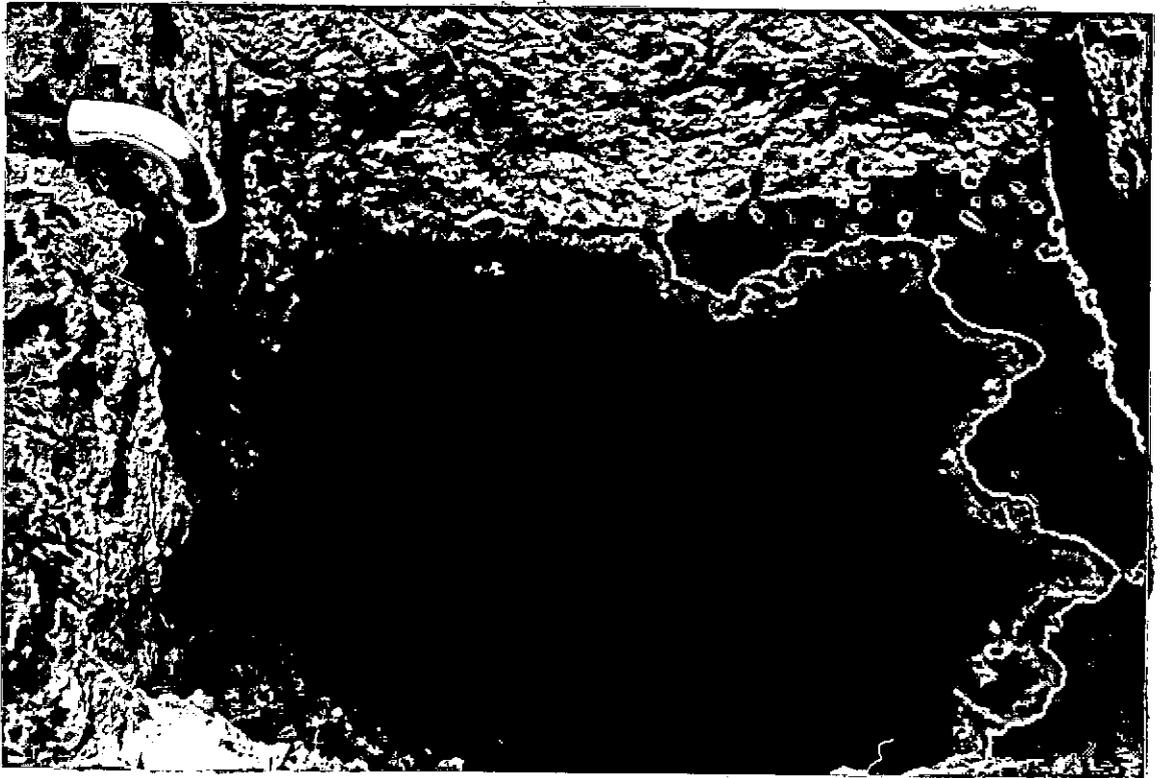


Foto 3

- Foto 1: Caño camisa de la perforación Nro. 1 mostrando lesiones tuberculares y formación de sulfuro de hierro bajo depósito.
- Foto 2: Extensa tuberculización interna en caños camisa de la perforación Nro. 1
- Foto 3: Aspecto del efluente luego del tratamiento de estimulación ácida en la perforación Nro. 2.

MAQUINCHAO

Este servicio tiene en explotación dos perforaciones, equipadas como se detalla a continuación:

POZO N° 1

De éste no se poseen muchos datos, pues es una construcción muy antigua, ejecutada por OSN. El diámetro es de 20", reducida a los 20 m. b.b.p. En el año 1971 el DPA instaló un equipo de bombeo, en reemplazo del que ya había en funciones, de las siguientes características:

$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 36 \text{ m}$, marca Sylwan, modelo A6MC5. Pozo profundo. Este elemento fue reemplazado en el año 1978 por razones de desgaste normal y con el ánimo de instalar uno de mayor rendimiento colocándose uno con las siguientes características.

$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 50 \text{ m}$, marca EyL modelo BV-6-BS instalada a 27 mts. b.b.p.

En el año 1981 se tuvo que recambiar cañería columna y material de transmisión, deteriorados por corrosión e incrustaciones (CSMaq./81).

En 1983 hubo que realizar una tarea similar por idénticas razones (CSMaq./83). En 1985 se cambia el equipo de bombeo, debido a que el instalado presentaba profundo desgaste, colocándose:

Bomba tipo pozo profundo Bomper (Jhonston) 6AC/4 de $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$, y $H = 55 \text{ m}$ instalada en las mismas condiciones. (CSMaq.1/85). En 1987 se cambia cañería y elementos de transmisión por los mismos motivos anteriores y por observarse el bloqueo de la bomba luego de algunas detenciones. (CSMaq.1/87). Durante el posterior funcionamiento se registran problemas similares al enunciado y baja en el rendimiento hidráulico del equipo, por lo que se decide su reemplazo por uno de las siguientes características (1988):

Electrobomba sumergible marca EGIA de $Q = 31,5 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 36 \text{ m}$. instalada a 32 m b.b.p. con cañería de hierro galvanizado. (CSMaq./88).

En la actualidad sigue en funciones este equipo sin presentar problemas en su funcionamiento.

POZO N° 2

Esta perforación fue ejecutada en 1982 y en 1983 se colocó para su desarrollo y limpieza el siguiente equipo:

Electrobomba tipo pozo profundo marca Iruma 1RU6 de $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 40 \text{ m}$, instalada a 31 m b.b.p.. Durante el ensayo se observó gran turbiedad (color verde oscuro) y olor séptico por lo que se remitió el problema al Dto. Tco. Laboratorio.



Foto 1



Foto 2

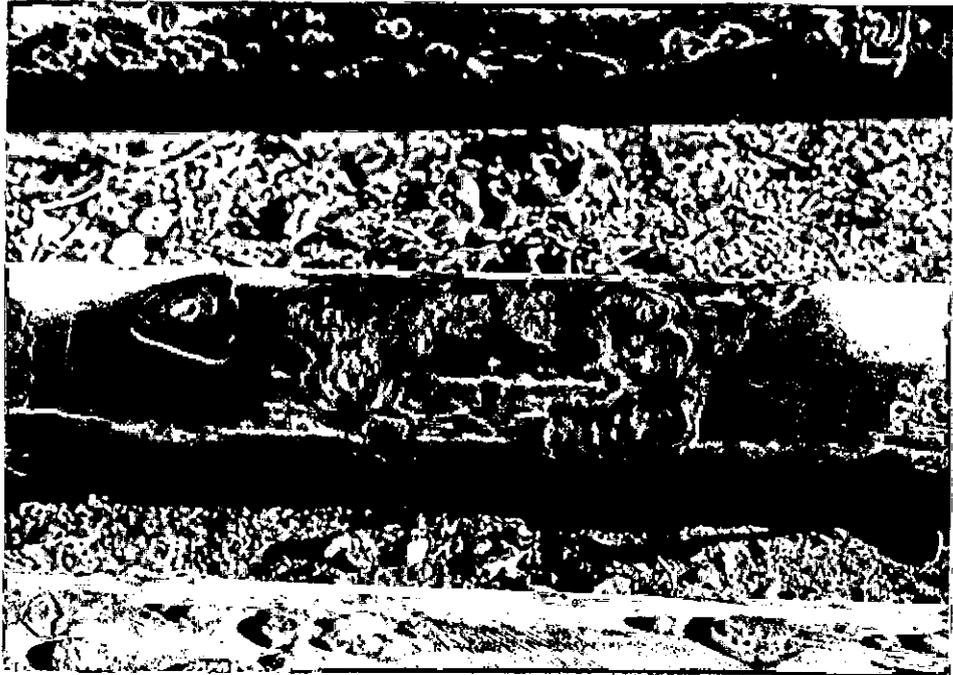


Foto 3

- Foto 1: Intensa tuberculización en cañería de impulsión.
- Foto 2: Tuberculización con severa corrosión bajo depósito.
- Foto 3: Obsérvese la pérdida de material de la pared del caño al quitar los tubérculos.

LOS MENUCOS

Cuenta este servicio con dos pozos de explotación, que denominamos 1 y 2, construídos idénticamente, según detalle adjunto.

POZO N° 1:

Tomamos el año 1983 para su estudio debido que es cuando se comenzó a verificarse problemas como los tratados. Posee una electrobomba tipo pozo profundo marca E y L BV-C5/4 de $Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 38 \text{ m}$, colocada a 11 mts. b.b.p. En 1987 se tuvo que reparar en forma integral, cambiando cañería de elevación y transmisión, dañadas por corrosión (CS LM/87). En el año 1989 hubo que realizar un trabajo similar por las mismas razones (CSLM/89).

POZO N° 2:

Como se ha dicho, es de la misma característica que el anterior, equipado con una electrobomba tipo pozo profundo E y L BV-BS/5 de $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 50 \text{ m}$. colocada a 11 m b.b.p.

Este pozo entró en servicio en 1985, realizándose trabajos de recuperación como el descrito anteriormente durante 1988. (CSLM/88).

En la actualidad ambos pozos se encuentran en actividad, presentando una merma regular en su rendimiento, observándose que los problemas que afectan a los equipos de bombeo, en lo que a corrosión se refiere, aún continúan. El sistema de estos equipos para la transmisión del movimiento, es de considerable longitud y se ve afectado por el desprendimiento constante del material corroído, que produce un atascamiento de los mismos, mayor al tener detenido por algún tiempo estos elementos.

COMALLO

Este servicio cuenta con dos perforaciones, Pozos N° 1 y N° 2,

POZO N° 1:

El equipamiento de este se compone de una electrobomba sumergible de marca KSB (CSB) tipo UPD 212/11 de $Q = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 100 \text{ m}$ colocada a 73 mts. b.b.p.

En el año 1982, por haberse precipitado este equipó dentro de la perforación fue reemplazada provisoriamente por otro proveniente del servicio Pilcaniyeu que había sido utilizado en el desarrollo de la perforación N° 2 de esa localidad. Este elemento era una electrobomba sumergible marca Jhonston 6AC-5C de $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 67 \text{ m}$, colocada a 54 m. b.b.p.

Este intercambio pudo haber sido uno de los factores de contaminación, ya que en un trabajo posterior, tratando de recuperar el equipo caído dentro de la perforación, al poner en funciones nuevamente el sistema, se observó la afluencia de agua de un "color verdoso y olor pútrido".

En el año 1985, se cambiaron 60 mts. de cañería de elevación del bombeo, debido a que la instalada se "hallaba totalmente corroída e incrustada". (Comisión de servicios CS Comallo/85).

POZO N° 2

Este fue habilitado en el año 1983; construido del mismo modo que el N° 1 y con un equipo de bombeo similar al KSB, instalado en las mismas condiciones. Se le han recambiado partes del caño columna y piezas especiales.

Ambos sistemas funcionan en la actualidad con muy bajo rendimiento hidráulico.

PILCANIYEU

Se ha tomado como base de partida este servicio, pues es aquí donde se empezó a trabajar en los diagnósticos tendientes a definir la corrosión e incrustación inducida microbiológicamente.

En el año 1979, a raíz de efectuarse un desarrollo y ensayo de la perforación denominada N° 2, personal del DTM que efectuaba los trabajos, observó que el agua extraída presentaba una coloración verde oscuro y un olor séptico. Este fenómeno se presentaba en forma periódica y normalmente cuando se dejaba en reposo por algún tiempo.

Debido a esto, se remitió el problema al DT Laboratorio quien asumió el control de este pozo. Debido al gran contenido de hierro que contenía el agua extraída, fue anulado posteriormente.

El servicio se presta en la actualidad desde el pozo N° 1, ubicado en el predio municipal desde el año 1974. Los detalles de las instalaciones son:

PERFORACION:

Diámetro 4" (100 mm) y 50 mts. de profundidad, no teniéndose otro tipo de dato.

EQUIPO DE BOMBEO:

Electrobomba sumergible Pluvius C3-HC-4A7 de $Q = 11,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a $H = 60 \text{ m}$, colocada a 30 mts. b.b.p.

Cabe destacar que en este pozo, nunca fue utilizado ningún elemento que fuera usado en el pozo N° 2.

No se han registrado a la fecha pruebas de irregularidades en su funcionamiento.

ASPECTOS ECONOMICOS

- Para la elaboración del presente análisis solo han sido tenidos en cuenta, los gastos extraordinarios para la ejecución de las tareas tratadas. Otros tipos de gastos englobados en el régimen presupuestario, como salarios, energía, etc., o trabajos no ejecutados por este organismo (caso tareas del ITMAS), no han sido considerados.
- Los tres tipos de tareas analizadas son las mas representativas dentro de los trabajos tratados.
- Por razones de la inflación económica y como guía para una futura actualización de precios, se deja constancia que la cotización del dólar americano al momento de ejecutar el presente trabajo era de : 1 u\$s = A 4.500,-

TAREA N° 1

OBJETIVO: Cambiar equipo de bombeo en Pozo N° 1 en el servicio Maquinchao. (CSMaq. 1/85)

RUBRO I: Equipos y materiales.

- Una electrobomba tipo pozo profundo nueva, marca JHONSTON 6 AC/4,
de Q = 20 m³/h. H = 55 m A 16.000.000,-
- 25 mts. caño de acero O 100 mm p/columna de elevación, c/cuplas,
estrellas guías y ejes transmisión A 9.000.000,-
- Sub-total Rubro I A 25.000.000,-

RUBRO II: Viáticos y combustibles

- Viáticos por 4 días p/3 personas A 576.000,-
- Combustible y lubricantes p/móvil A 270.000,-
- Sub-total Rubro II A 846.000,-
- TOTAL GENERAL A 25.846.000,-

TAREA N° 2:

OBJETIVO: Recuperación Pozo N° 2. (CSSC/87). Sierra Colorada

RUBRO I: Tratamiento de desincrustación y desinfección

– 12 Kg. de hipoclorito de calcio 33 ‰	.....	A	30.000,-
– 320 lt. de ácido clorhídrico	.....	A	3.200.000,-
– 35 hs. funcionamiento motocompresor	.....	A	350.000,-
Sub-total Rubro 1	.....	A	3.580.000,-

RUBRO II: Cañería p/inyección aire y reactivos

– 22 mts. caño polipropileno Ø 50 mm	.....	A	600.000,-
– 22 mts. caño polipropileno Ø 20 mm	.....	A	200.000,-
Sub-total Rubro 2	.....	A	800.000,-

RUBRO III: Instalación de electrobomba c/cañería nueva.

– 22 mts. de caño de hierro galvanizado y accesorios en Ø 62 mm	.....	A	1.650.000,-
Sub-total Rubro 3	.....	A	1.650.000,-

RUBRO IV: Viáticos y combustibles

– 6 días de viático p/4 personas	.....	A	1.152.000,-
– Combustible y lubricantes p/móvil	.....	A	270.000,-
Sub-total Rubro 4	.....	A	1.422.000,-
TOTAL GENERAL	.....	A	7.422.000,-

ANALISIS COMPARATIVO

Costo de materiales para la ejecución de una nueva perforación similar a la tratada.

– 26 mts. de caño de acero p/perforación Ø 8"	.....	A	10.500.000,-
– Una reducción concéntrica 8 - 6"	.....	A	500.000,-
– 5 mts. filtro ranura continua tipo Jhonson	.....	A	5.000.000,-
TOTAL	.....	A	16.000.000,-

NOTA:

A este monto debemos agregar los costos de ejecución de la perforación propiamente dicha.

TAREA Nº 3

OBJETIVO: Cambiar cañería de elevación en servicio Comallo (CSComallo/85).

RUBRO I: Cañería y accesorios

- 60 mts. caño de hierro galvanizado O 62 mm c/accesorios	A	3.300.000,-
Sub-total Rubro 1	A	3.300.000,-

RUBRO II: Viáticos y combustibles

- 6 días de viático p/3 personas	A	868.000,-
- Combustibles y lubricantes p/móvil	A	400.000,-
Sub-total Rubro 2	A	1.268.000,-
TOTAL GENERAL	A	4.568.000,-

– De lo actuado hasta la fecha, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- a) Se observa una notable disminución en el período de vida útil de todos los componentes del sistema, producto del intenso desgaste de sus estructuras por efecto de la corrosión. Es de destacar que se fija un término de aproximadamente 20 a 25 años para determinar la obsolescencia del equipamiento electromecánico de estos sistemas (motores eléctricos, bombas, etc.), pudiéndose apreciar que en los casos mas graves hubo que reemplazar algunos de ellos en un plazo de tres años.

Lo expuesto tendría también validez para las perforaciones, en el caso de no poder recuperarlas.

- b) Es necesario una frecuencia de controles casi constantes del estado de confiabilidad de las instalaciones, ya que de descuidarse esto se podría llegar a situaciones graves, como puede ser la pérdida del grupo impulsor debido al debilitamiento de la columna de soporte.

- c) El rendimiento hidráulico del sistema va disminuyendo paulatinamente por varios factores, como pueden ser:

– Obturación de los filtros de la perforación.

– Aumento de la rugosidad y disminución del diámetro interior de las tuberías que conducen el líquido, por efecto de la corrosión.

– En los equipos de bombeo tipo pozo profundo, que poseen un árbol de transmisión de movimiento de gran longitud, es dable observar una mayor demanda de potencia que la nominal. Esto se debe a que por efecto de la corrosión aumenta la fricción en los cojinetes, agravado a veces por el desprendimiento de material corroído que se deposita en los intersticios de la transmisión.

– Variación de las dimensiones de fabricación, tanto en el rodete impulsor como en el difusor, provocada por desgaste por corrosión o incrustaciones.

- d) Es conveniente el uso de electrobombas sumergibles, que no posean largos árboles de transmisión de movimiento, equipados con cañerías de elevación de hierro galvanizado que resisten algo mas el avance de la corrosión.



Foto 1

Obsérvese la oclusión de las ranuras del caño filtro debido a la deposición interna de material ferroso por acción microbiana.

DICTADO DE UN SEMINARIO SOBRE
"FENOMENOS DE INCRUSTACION Y CORROSION DE ORIGEN BIOLOGICO
EN CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRANEA".

Este Seminario se realizó como parte de las tareas de capacitación de personal provincial sobre el tema referido.

Se llevó a cabo en Los Alamos los días 26 al 28 de Marzo de 1990.

Al mismo asistieron 24 personas en total contándose con que 15 pertenecían al DPA, 7 al ITMAS, 1 a la Dirección de Minería y 1 al Instituto de Biología Marina de S.A.O.

TEMARIO

1. GEOL ALBERTO M. ROMAN:
Características Hidrogeológicas de la Región Sur - Aspectos particulares de las Localidades con síntomas del problema.
2. Lic. ALDO SISUL:
Generalidades sobre Diseño y Construcción de Perforaciones.
- 3 Bact. MIGUEL A. GARIBOGLIO:
Incrustación y corrosión de origen biológico - Conceptos microbiológicos básicos - Corrosión inducida microbiológicamente - Caso perforación CALETA OLIVIA (Sta. Cruz).
4. Bioq. RICARDO E. ALCALDE:
Incrustación y corrosión de origen biológico - Bacterias precipitantes del hierro - Panorama actual en la Provincia de RIO NEGRO.
5. T. Elec. JORGE RIVAS:
Mantenimiento y reparación aplicado a sistemas de captación de aguas subterráneas afectados por procesos de incrustación y corrosión de origen biológico.

Horario: 9:00 a 12:00 y 14:00 a 17:00

Inicio: Lunes 26 de Marzo a las 14:00

RESULTADOS OBTENIDOS

Se logró una amplia participación de los asistentes y se concluyó en la necesidad de un mayor intercambio de información entre los Organismos encargados de la construcción y la explotación de las perforaciones y otras acciones que se detallaran en el Informe Final.

Es de destacar la información aportada por el Jefe del Departamento Técnico de Mantenimiento, Sr. Jorge Rivas, la que se incorporará a la confección del Informe Final. No obstante se puede adelantar que la misma consta de análisis económico de los perjuicios ocasionados por los fenómenos biológicos.

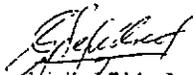
A los asistentes les fue entregado una copia del Documento de Apoyo N° 1671 del CFI elaborado por el que suscribe y referido a "Corrosión inducida microbiológicamente". Revisión de conocimientos sobre el tema. También una copia del trabajo del Sr. Rivas antes mencionado y un certificado de asistencia al Seminario según modelo adjunto.

CONSEJO FEDERAL DE
INVERSIONES

DEPARTAMENTO PROVINCIAL
DE AGUAS

INSTITUTO TECNOLOGICO DE MINERIA Y
AGUAS SUBTERRANEAS "Los Alamos"

Por cuanto, DACT. MIGUEL A. GARIBOGLIO, ha participado como DISERTANTE en el SEMINARIO SOBRE FENOMENOS DE INCRUSTACION Y CORROSION DE ORIGEN BIOLOGICO EN CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS realizada en Los Alamos los días 26, 27 y 28 de Marzo de 1990, se le otorga el presente CERTIFICADO que así lo acredita.-


E.G. SEPULVEDA


E. ERICA

DIFUSION

Se informó a la prensa local sobre el desarrollo del Seminario, noticia aparecida en el Diario Río Negro del 8-4-90.

RIO NEGRO, domingo 8 de abril de 1990

Seminario sobre corrosión

VIEDMA (AV)- El DPA informó que concluyó en San Antonio Oeste el Seminario sobre Fenómenos de Incrustación y Corrosión de Origen Biológico en Captaciones de Aguas Subterráneas" organizado en forma conjunta con el Consejo Federal de Inversiones y el Instituto Tecnológico de Minería y Aguas Subterráneas dependiente del ministerio de Recursos Naturales.

Se analizaron las características hidrogeológicas de la región sur, generalidades sobre diseño y construcción de perforaciones, incrustación y corrosión de origen biológico y mantenimiento y reparación aplicados a sistemas de captación de aguas subterráneas, a cargo de profesionales del ITMAS y del DPA.

Como cierre, se delinearon las estrategias futuras tendientes a disminuir la incidencia de estos fenómenos microbiológicos y sus consecuencias económicas, poniendo énfases en los aspectos relacionados con la protección del recurso hídrico subterráneo. Por otra parte, fue planteada la necesidad de una mayor divulgación en los organismos competentes e involucrados en la utilización del recurso hídrico.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, de las tareas de monitoreo se puede constatar que existe una gran dispersión del problema en las perforaciones de la Provincia.
- Se puede decir que el sistema de diagnóstico empleado (análisis bacteriológicos y parámetros ambientales) es razonablemente confiable.
- La dispersión de estos problemas sumada a los análisis de costos de mantenimiento de perforaciones afectadas ponen en evidencia el impacto económico producido por estos fenómenos.

RECOMENDACIONES

- Persistir en las tareas de relevamiento periódico incorporando las mediciones de capacidad específica en las perforaciones bajo estudio.
- Efectuar tareas de estimulación y/o desinfección en las perforaciones de Los Menucos, Maquinchao, Comallo, Ing. Jacobacci, Pilcaniyeu, Choele-Choel, San Javier y Campo Grande (Villa Manzano).
- Efectuar análisis bacteriológicos en las incrustaciones o tuberculizaciones que presentaren los equipos de bombeo retirados de las perforaciones antes mencionadas para establecer una mejor correlación con los datos obtenidos en las muestras de agua bombeada.
- Extraer y observar el estado de los equipos de bombeo en la perforación N° 2 de Gral. Conesa y N° 1 de Pilcaniyeu, que no presentan evidencia de la existencia de bacterias ni síntomas del ataque bacteriano por el fin de corroborar la eficacia del sistema diagnóstico empleado para establecer un sistema de alerta temprana.
- Realizar una reunión de características similares a la ya efectuada en San Antonio Oeste para exponer la evaluación de lo actuado y discutir acciones futuras.
- Redactar un conjunto de normas básicas para la ejecución, operación y mantenimiento de perforaciones en forma higiénica.
- Dar instrucciones a los Jefes de Servicio para que registren en los Cuadernos de Novedades cualquier síntoma que se observe en el sistema de captación y distribución que se relacione con el problema bacteriano (Por ej.: colores, olores, tuberculizaciones, incrustaciones, aspiración de aire por las bombas, etc.).
- Prever la posibilidad de obtener registros fotográficos sobre el estado de equipos de bombeo que fueren retirados por cualquier motivo.
- Establecer una nomenclatura única de las perforaciones de la Provincia y ejecutar la identificación individual de las mismas.
- Finalizar las tareas de recuperación de información referida a la construcción de las perforaciones y adecuar los registros computarizados de los mismos.
- Mejorar la protección de la boca de algunas perforaciones que en las tareas de relevamiento demostraron que pueden ser utilizadas como nutrientes por las bacterias.

LISTADO DE LAS PERFORACIONES AFECTADAS Y
TAREAS RECOMENDADAS PARA EFECTUAR EN LAS MISMAS

LOCALIDAD	Perforación	Tareas a efectuar		
LOS MENCUCOS	Nº 1	●	△	
MAQUINCHAO	Nº 1	●	△	
	Nº 2	●		
ING. JACOBACCI	Nº 3	●		
	Nº 5	●	△	
	Nº 7	●		
COMALLO	Nº 1	●		○
PILCANIYEU	Nº 2	●		
CHOELE-CHOEL	Nº 3	●	△	○
	Nº 4	●	△	○
	Nº 5	●		
	Nº 6	●		
LUIS BELTRAN	Nº 2	●	△	
SAN JAVIER	Planta	●		○

- REF:
- Mediciones de capacidad específica.
 - △ Extraer equipo de bombeo - Obtener muestras para análisis bacteriológicos de incrustaciones y registro fotográfico.
 - Tratamiento qco y/o desinfección

TABLA 1

ANALISIS BACTERIOLOGICOS EN MUESTRAS DE AGUA
DE PERFORACIONES EN LOCALIDAD DE LA
PROVINCIA DE RIO NEGRO

LOCALIDAD	Pozo Nº	BAT			BRS			BPNH			BPOH		
		29/3	15/5	13/6	29/3	15/5	13/6	29/3	15/5	13/6	29/3	15/5	13/6
CHOELE CHOEL	3	10 ⁴	10 ³	10 ²	+	+	+	-	+	-	+	+	
	4	10 ⁴	10 ³	NM	+	+	NM	+	-	NM	+	+	NM
	5	10 ³	10 ³	10 ²	-	-	-	+	-	-	+	+	
	6	10 ²	10 ⁴	10 ⁴	-	-	+	-	-	+	-	+	
	7	NM	10 ²	10 ²	NM	-	-	NM	-	-	NM	-	
RIO COLORADO	1	10 ³	10 ²	10 ⁴	-	-	-	-	-	-	-	+	
	2	NM	10 ²	NM	NM	-	NM	NM	-	NM	NM	+	NM
	3	NM	NM	10 ³	NM	NM	-	NM	NM	-	NM	NM	
LUIS BELTRAN	2	10 ²	10 ¹	10 ²	-	-	-	-	-	-	+	-	
GRAL. CONESA	1	10 ²	10 ¹	NM	-	-	NM	-	-	NM	-	-	NM
	2	10 ²	10 ¹	NM	-	-	NM	-	-	NM	-	-	NM
CNEL. BELISLE	Planta	10 ²	10 ²	NM	-	-	NM	-	-	NM	+	+	NM

REFERENCIAS:

- BAT = bacterias aerobias totales en bact./ml.
 BRS = bacterias reductoras de Sulfatos
 BPNH = bacterias precipitantes, no oxidantes, del hierro
 BPOH = bacterias precipitantes, oxidantes, del hierro
 (+) Presencia
 (-) Ausencia
 NM No muestreado

TABLA 2

ANALISIS BACTERIOLOGICOS EN MUESTRAS DE AGUA
DE PERFORACIONES EN LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO

LOCALIDAD	Pozo Nº	BAT	BRS	BPNH	BPOH
COMALLO	1	10 ²	Al	-	-
	2	10 ³	Al	-	+
PILCANIYEU	1	10 ¹	-	-	-
	3	10 ³	Al	-	-
VILLA MANZANO	1	10 ⁰	-	-	-
	2	10 ²	-	-	+
MAINQUE	2	10 ²	-	-	+
CERVANTES	Planta	10 ⁰	-	-	-
CLTE. CORDERO	Planta	10 ²	-	-	-
BARDA DEL MEDIO	Planta	10 ¹	-	+	+
GUARDIA MITRE	Planta	10 ¹	-	-	+

REFERENCIAS:

BAT = bacterias aerobias totales en bact./ml.
 BRS = bacterias reductoras de Sulfatos
 BPNH = bacterias precipitantes, no oxidantes, del hierro
 BPOH = bacterias precipitantes, oxidantes, del hierro
 (-) Presencia
 (-) Ausencia
 NM No muestreado

TABLA 3

ANALISIS BACTERIOLOGICOS EN MUESTRAS DE AGUA
DE PERFORACIONES EN LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO

LOCALIDAD	Pozo Nº	BAT	BRS	BPNH	BPOH
SIERRA COLORADA	2	10 ²	-	-	+
	3	10 ³	-	-	-
LOS MENUÇOS	1	10 ¹	-	-	+
	2	10 ²	-	-	+
MAQUINCHAO	1	10 ²	-	-	+
	2	10 ³	-	-	+
ING. JACOBACCI	1	10 ²	-	-	-
	2	10 ¹	-	-	-
	3	10 ⁰	Al.	-	+
	4	10 ³	-	-	-
	5	10 ¹	-	-	+
	7	10 ²	-	-	+

REFERENCIAS:

BAT = bacterias aerobias totales en bact./ml.
 BRS = bacterias reductoras de Sulfatos
 BPNH = bacterias precipitantes, no oxidantes, del hierro
 BPOH = bacterias precipitantes, oxidantes, del hierro
 (-) Presencia
 (-) Ausencia
 NM No muestreado

PARAMETROS AMBIENTALES Y BACTERIAS PRECIPITANTES Y OXIDANTES DEL HIERRO (BPOH), OBSERVADAS EN MUESTRAS DE AGUA DE PERFORACIONES DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO.

Localidad	Pozo N°	Temperatura (°C)	pH	Eh (mv)	Tipo bacteriano observado.
SIERRA COLORADA	2	16.2	7.6	132	Sphaerotilus - Leptothrix
	3	16.5	7.5	88	Negativo
LOS MENCUCOS	1	14.1	7.6	88	Gallionella - Sphaerotilus - Leptothrix
	2	14.9	7.7	55	Negativo
MAQUINCHAO	1	17.1	7.8	110	Sphaerotilus - Leptothrix
	2	18	7.8	- 4	Sphaerotilus - Leptothrix
COMALLO	1	18	7.6	- 27	Negativo
	2	18.5	7.2	62	Sphaerotilus - Laptothrix
PILCANIYEU	1	12.5	7.2	182	Negativo
	3	13	7.6	405	Negativo

PARAMETROS AMBIENTALES Y BACTERIAS PRECIPITANTES Y OXIDANTES DEL HIERRO (BPOH) OBSERVADAS EN MUESTRAS DE AGUA DE PERFORACIONES DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO

Localidad	Pozo N°	Temperatura (°C)	pH	Eh (mv)	Tipo bacteriano observado
ING. JACOBACCI	1	13.2	7.5	110	Sphaerotilus - Leptothrix
	2	14	7.6	104	Negativo
	3	13.5	7.4	102	Sphaerotilus - Leptothrix
	4	12.9	7	93	Negativo
	5	13	7.3	32	Gallionella - Sphaerotilus - Leptothrix
	7	13.5	7.5	73	Sphaerotilus - Leptothrix
CHOELE CHOEL	3	18.5	7.4	26	Sphaerotilus - Leptothrix
	4	20.2	7.4	- 105	Sphaerotilus - Leptothrix
	5	20.2	7.5	273	Sphaerotilus - Leptothrix
	6	17.5	7.4	318	Sphaerotilus - Leptothrix
GRAL. CONESA	1	17.1	7.2	107	Negativo
	2	17	8	67	Negativo
RIO COLORADO	1	17.9	7.4	118	Gallionella
LUIS BELTRAN	2	18.7	7.3	117	

PARAMETROS AMBIENTALES Y BACTERIAS PRECIPITANTES Y OXIDANTES DEL HIERRO (BPOH) OBSERVADOS EN MUESTRAS DE AGUA DE PERFORACIONES DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO.

Localidad	Pozo N°	Temperatura (°C)	pH	Eh (mv)	Tipo bacteriano observado
Cnel. BELISLE	Planta	18	7.4	295	Sphaerotilus - Leptothrix
MAINQUE	2	16	7.4	NM	Sphaerotilus - Leptothrix
CERVANTES	Planta	15.2	7.4	205	Negativo - Se dosificaba cloro en la perf.
C. CORDERO	Planta	15.9	7	125	Sphaerotilus - Leptothrix
G. MITRE	Planta	NM	NM	NM	Sphaerotilus - Leptothrix
V. MANZANO	1	16	7	484	Negativo - Se dosificaba cloro en la perf.
	2	14.2	7.2	81	Negativo - Se dosificaba cloro en la perf.
S. JAVIER	Planta	NM	NM	NM	Gallionella - Sphaerotilus - Leptothrix

Ref: NM = no muestreado