



BICENTENARIO DE
LA INDEPENDENCIA
ARGENTINA
1816•2016



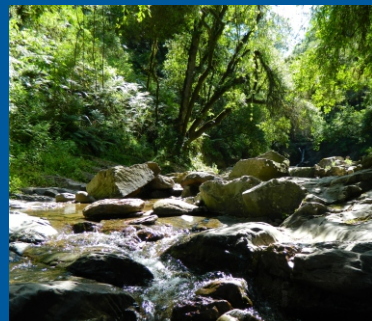
BICENTENARIO
de la Independencia Argentina
1816 - TUCUMÁN - 2016



elaus

III Encuentro Latinoamericano
de Universidades Sustentables

23 al 25 de noviembre de 2016
San Miguel de Tucumán, Tucumán – República Argentina





elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



CORROSIÓN INDUCIDA POR MICROORGANISMOS EN PERFORACIONES DE AGUA SUBTERRANEA EN LA RIOJA CAPITAL

**Vicente Calbo^{1,2}, Ana Cecilia Munuce¹, María Cecilia Baldo, Mónica Patricia Alitta¹,
Carlos Rubén Soule¹, Octavio Furlong^{3,4}, María Torres de Luigi³, Eduardo Marchevsky^{3,4}**

¹ Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA), UTN Facultad Regional La
Rioja. San Nicolás de Bari Este 1100, 5300 La Rioja.

² Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica, (CENIIT), UNLaR. Vicente Bustos S/N
5300, La Rioja

³ Universidad Nacional de San Luis, Ejército de Los Andes 950, San Luis, C.P. 5700

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET

* vicentecalbo@yahoo.com.ar

RESUMEN

El Instituto Provincial del Agua de La Rioja, Argentina, consideró que la duración de las instalaciones de bombeo en las perforaciones de agua subterránea en la Ciudad Capital se encontraba por debajo de lo razonable. Los principales inconvenientes que se plantearon son mayores costos y la interrupción del servicio de agua potable en los sectores afectados, teniendo en cuenta que el servicio suministrado es casi en su totalidad de esta fuente. Un equipo de trabajo interdisciplinario de tres universidades nacionales se abocó a determinar las causas de este envejecimiento prematuro, planteando como hipótesis la corrosión inducida por microorganismos (CIM). Para su detección se recurrió a evaluación de indicios, cultivos microbiológicos y microscopía de barrido electrónico. Los indicios son las variaciones en la calidad organoléptica del agua y, durante el mantenimiento, la observación de obstrucción e incrustación de filtros y tuberías de impulsión. Para confirmar el fenómeno CIM, se realizaron cultivos microbiológicos en medios líquidos y sólidos que detectaron bacterias aeróbicas y anaeróbicas tales como, ferrobacterias y BRS (bacterias reductoras de sulfatos), resultados consistentes con el fenómeno CIM. En este fenómeno, las bacterias catalizan las reacciones químicas acelerando la corrosión metálica de las instalaciones, el metal oxidado y disuelto se precipita como metabolitos bacterianos en forma de biominerales. Estos biominerales tienen una estructura peculiar. La microscopía de barrido electrónico que se realizó sobre muestras de incrustación detectó la morfología orgánica del mineral y el espectrómetro dispersivo en energía (EDS), complementario de este instrumento, detectó el espectro de los óxidos del hierro. Se confirmó el fenómeno CIM y se propusieron acciones de remediación y preventivas ya que es



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



BICENTENARIO
De la Independencia Argentina

posible que las bacterias sean alóctonas y lleguen a los acuíferos por contaminación de los equipos de perforación. Estas bacterias pueden producir esporas que salen de su estado latente cuando se restauran las condiciones ambientales de los acuíferos.

Palabras clave: Corrosión, Perforaciones, Microorganismos, Prevención, Remediación

ABSTRACT

The Provincial Water Institute of La Rioja, Argentina, considered that durability of the underground water well facilities in the capital city was below acceptable standards. The main issues that were pointed out were the high costs and the interruption of the running water services in the affected areas, considering that the water supply comes almost entirely from this source. An interdisciplinary task team comprised by members of three universities was in charge of determining the causes of the premature deterioration and hypothesized that it was due to microbially induced corrosion (MIC). The MIC was detected by detecting signs of MIC, and resorting to microbiological cultures, and scanning electron microscopy (SEM). The signs of MIC that were detected were variations in the organoleptic properties of the water and obstructions and embeddings in filters and pipes that were discovered during maintenance. In order to confirm the MIC phenomenon, microbiological cultures were grown in both liquid and solid media, in which aerobic iron bacteria and anaerobic sulfate reducing bacteria were detected. This is consistent with the MIC phenomenon. During this phenomenon, the bacteria catalyze the chemical reactions, accelerating the metallic corrosion of the facilities, and oxidized metal dissolves and precipitates as bacterial metabolites in the form of biominerals. These biominerals have a peculiar structure. The SEM that was performed on embedding samples detected the organic morphology of the mineral, and the energy-dispersive x-ray spectroscopy (EDS), which compliments the SEM, detected the spectrum of the iron oxides. The MIC phenomenon was confirmed and both solutions and preemptive measures were proposed, since it is possible that the bacteria could reach the aquifers via contamination of the drilling equipment. These bacteria can produce spores that awaken from their dormant state when the environmental conditions on the aquifers are restored.

Key words: Corrosion, Wells, Microorganisms, Prevention, Remediation.



el aus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos materiales que la industria ha producido e incorporado en diferentes procesos, al igual que las sustancias naturales, pasan por un proceso de degradación en los que participan los microorganismos. *Los hongos, las algas, los líquenes, y las bacterias son cada vez más estudiados como agentes de alteración de los materiales que emplea la industria moderna* (De Turris *et al.*, 2013). Las estructuras industriales y urbanas, las máquinas y las instalaciones cotidianamente quedan expuestas al medio natural, o a condiciones especiales para su funcionamiento. Estas condiciones especiales implican principalmente diversos rangos y combinaciones de pH y temperatura, entre otros parámetros (Calbo, 2015). En cuanto a los metales, los microorganismos no han agregado procesos nuevos de degradación. Aceleran procesos que se dan naturalmente, funcionan como agentes catalíticos que aumentan la cinética de las reacciones redox, multiplicándola.

En 1898 se estudiaron unas bacterias que atacan y precipitan hierro, estos microorganismos fueron caracterizados como quimiautotróficos, determinándose que obtenían la energía por la oxidación de ión ferroso a férrico. Posteriormente se definieron dos grupos funcionales, Bacterias Precipitantes Oxidantes del Metal, BPOM que atacan y precipitan y Bacterias Precipitantes No Oxidantes del metal, BPNM. Luego fueron detectadas las bacterias reductoras de sulfato, las BRS, que producen la reducción no asimilatoria de sulfatos, utilizan este compuesto como aceptor final de electrones; en estas reacciones redox se genera la energía para su metabolismo, el resultado final es la formación de sulfuro. Existen dos dominios asociados a este proceso, las Bacterias y las Arqueas, ambos microorganismos son englobados en la denominación BRS, (Müzyer *et al.*, 2008).

A mediados del siglo XX estas bacterias fueron asociadas al envejecimiento prematuro de las instalaciones de bombeo de agua subterránea. En nuestro país, el problema fue detectado a finales del siglo pasado en Río Negro, Santa Cruz, Catamarca, Mendoza, Entre Ríos, La Pampa y Buenos Aires, (Gariboglio *et al.*, 1993). Mas recientemente se incorporó a esta lista Catamarca y como resultado de nuestro trabajo, se confirma La Rioja.

Las bacterias en general, y las asociadas al fenómeno CIM, pueden ser planctónicas: se desarrollan suspendidas en un medio líquido, sésiles: desarrollan su ciclo adheridas a una superficie, o pueden tener ambos comportamientos. Las bacterias del fenómeno CIM son principalmente sésiles, pero los desprendimientos adquieren comportamiento planctónico, hasta que encuentran otra superficie apta para colonizar. Las bacterias sésiles componen una capa sobre las superficies que se denomina biopelícula o biofilm, *una estructura dentro de la cual las células están dispersas y la mayoría del carbono orgánico está retenido como sustancia*



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



polimérica extracelular, la que actúa como un revestimiento protector y como una potencial reserva de nutrientes para las bacterias que allí habitan (Cullimore, 1986), este se forma por etapas.

Las bacterias aeróbicas del hierro y las bacterias anaerobias, por mecanismos diferentes pero complementarios, consumen el material adelgazándolo o perforándolo, Figura 1. Otro perjuicio es la bioincrustación, que consiste en la sedimentación y cementación de los productos metabólicos de las bacterias. Con el transcurso del tiempo cada bacteria produce un sedimento específico que capa tras capa engrosa su espesor. Cuando la superficie afectada es el interior de una tubería (conducciones), Figura 1, u orificios (filtros de tubería de impulsión de agua), la incrustación o bioensuciamiento produce una obstrucción que llega al punto de dejarlos inoperables. La gravedad del problema radica en el impacto económico y en que este fenómeno es susceptible de propagación (contaminación).

2. MATERIALES Y METODOS

El fenómeno CIM fue detectado inicialmente por indicios y debió ser confirmado por estudios posteriores. En este trabajo se han realizado cultivos de laboratorio y observaciones con microscopía óptica. Posteriormente, se ha aplicado Microscopía Electrónica de barrido, complementada con espectrometría EDS.

Evaluación de indicios: Es una etapa preliminar orientativa y que fue aplicada en este caso. Los primeros indicios eran dados por cambios en la calidad organoléptica del agua. Fueron más evidentes en el agua bombeada luego de un tiempo de parada de la bomba. El fenómeno CIM afecta el sabor del agua que se torna amargo y desagradable. El color que adquiere el agua es amarillento, característico del hidróxido férrico. Este se encuentra absorbido en el mucílago, exopolímero que compone la capa externa de la biopelícula. Por agitación el mucílago se deshace y colorea el agua. El olor que se presenta con mayor frecuencia es el característico a huevos podridos, que corresponde al desprendimiento de SH_2 producido por las bacterias BRS. Se torna untuosa al tacto debido a la presencia de los restos de la sustancia gelatinosa que forma el mucílago de las ferrobacterias. Otros indicios se observan cuando la perforación es sometida a mantenimiento, generalmente por reemplazo de la bomba, y se extrae la tubería a la superficie. Si esta ésta presenta nódulos, costras, colores oscuros debajo de las incrustaciones pardas, perforaciones por picado o escamado (Figura 1), se reafirma la hipótesis del fenómeno CIM. También puede recurrirse a video sonda para obtener imágenes del interior del tren de bombeo, sin necesidad de extraerlo a la superficie.



Figura 1: Corrosión exfoliante, izquierda. Nódulos bioincrustados, derecha.

Microbiología: Para la constatación de la presencia de los microorganismos del fenómeno CIM en laboratorio, se han empleado técnicas combinadas de bacteriología y microscopía. Se trabajó con incrustaciones de las tuberías. Las bacterias del fenómeno CIM corresponden a varias especies y géneros. Debido a esto se recurre a diversas soluciones y medios de cultivos líquidos y sólidos, de manera tal que por la combinación de resultados, se pueda tener una aproximación de la composición del consorcio bacteriano. Diferentes alícuotas, fueron sometidas a una batería de cultivos en frascos (Figura 2) y tubos, para los que se emplearon caldos de cultivo enriquecidos y diferenciales. Los medios ya sembrados fueron incubados entre 35 y 45°C, en aerobiosis y anaerobiosis. Luego de cada una de las incubaciones, se hizo el análisis morfológico de los cultivos y se fueron controlando con coloración de Gram.



Figura 2: (de izq. a der.). Muestreo. Muestra. Inoculación. BRS positivo.

Microscopía electrónica y microanálisis: El microscopio electrónico de barrido (SEM, del inglés Scanning Electron Microscopy) permite obtener imágenes de alta resolución de la forma de objetos, y cuando se le agrega capacidad analítica mediante un espectrómetro dispersivo en energía (EDS, del inglés Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy), brinda además información sobre la composición química de muestras sólidas, (Goldstein *et al.*, 2003). El SEM utilizado en este trabajo es un LEO 1450-VP perteneciente al Laboratorio de Microscopía Electrónica y Microanálisis (LABMEM) de la UNSL (Figura 3).



Figura 3: Microscopio Electrónico de Barrido. (1) Espectrómetro WDS, (2) Espectrómetro EDS, (3) Detector de electrones retrodifundidos, (4) Detector de electrones secundarios, (5) Cañón del microscopio y (6) cámara.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicios: Se detectaron algunos casos de variaciones de la calidad organoléptica del agua, especialmente color y untuosidad. Mas concluyentes fueron los indicios observados sobre tuberías extraídas ya que en casi todas se observaron nódulos, incrustaciones y exfoliaciones.

Microbiología: Los resultados de los caldos cultivados, indicaron la presencia de escasos cocos Gram (+) coagulasa (-), algunos bacilos Gram (+) con endoesporas. También se observaron abundantes bacilos Gram (-) pleomórficos y heterótrofos. Algunos cultivos fueron practicados a más de 45°C y no desarrollaron, por lo que las bacterias presentes son mesófilas o moderadamente termófilas. En los medios con inhibidores de bacterias Gram (+), se desarrollaron lentamente Bacilos Gram (-) pleomórficos. Estos no fermentaron glucosa ni lactosa y se desarrollaron en aerobiosis por lo que se descartaron enterobacterias. Otras Gram (-) prosperaron en medios líquidos y sólidos especiales para el desarrollo de BRS (con lactato, distintas sales minerales y azufre), en anaerobiosis. Los resultados de los cultivos en medios líquidos confirman la presencia de bacterias ferrooxidantes y sulfatoreductoras características de la corrosión inducida por microorganismos CIM.

Microscopía óptica: La observación al microscopio permitió determinar la morfología y otras características de los microorganismos confirmados (Figura 4).

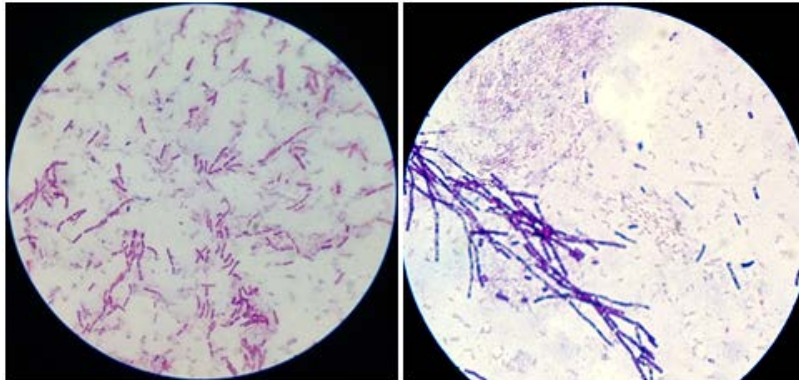


Figura 4: Bacilos Gram (-) ferrooxidantes, izquierda. Bacilos y esporas, derecha.

SEM: La micrografía, fotografía a escala microscópica, muestra una morfología consistente con biomineralización resultante del fenómeno CIM, en el espectro EDS se observan los picos de hierro y oxígeno, que implican la presencia de óxidos que se ajustan al metabolismo de las ferrobacterias, Figura 5.

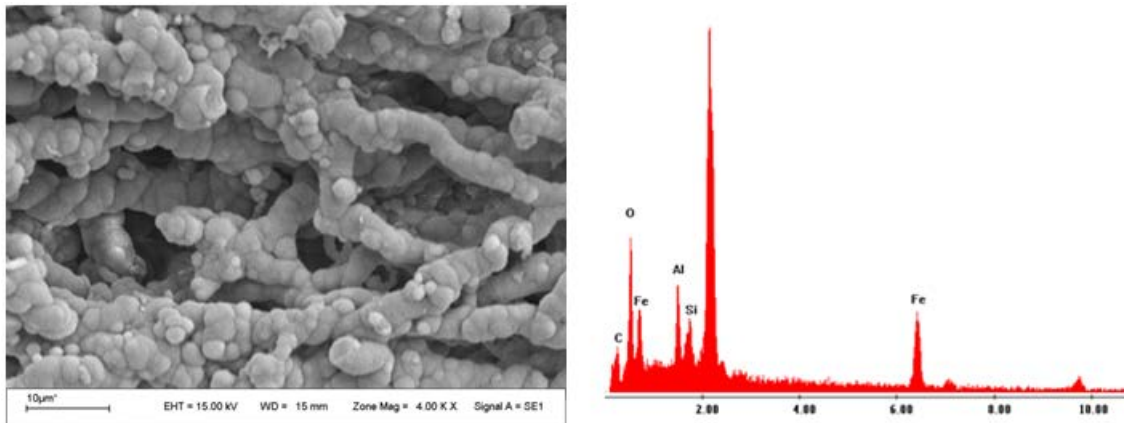


Figura 5: Micrografía de biomineralización, izquierda. Espectro EDS, Derecha.

Coexistencia de aeróbicas y anaeróbicas: Las BRS pueden prosperar en nichos anaerobios de ambientes aerobios. Algunos organismos aerobios, como las bacterias del hierro, llegan a consumir la totalidad del oxígeno, forman costras espesas que impiden la llegada de este o ambas cosas. Las ferrobacterias producen la precipitación de sales de hierro que impide el paso del oxígeno, por lo que generan las condiciones para el desarrollo de las BRS.

El SFe, oscuro, se produce por la acción de las BRS en condiciones de anaerobiosis y con Eh en el orden de -100Mv. El color ocre procede de los metabolitos de las bacterias del hierro en condiciones de aerobiosis a Eh entre 0 y 200Mv (Figura 6).



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



Figura 6: Coloración incrustaciones. Superficie externa, izquierda. Superficie interna, derecha.

Origen del fenómeno: Las bacterias responsables del fenómeno CIM pueden ser autóctonas o alóctonas. En el segundo caso pueden haber ingresado al acuífero por causas o mecanismos propios de la naturaleza, o por acción antrópica (Driscoll, 1986).

Las bacterias detectadas, pueden tener comportamiento planctónico o pueden desprenderse en el mucílago y migrar por el acuífero en la dirección del flujo hasta encontrar una superficie a la que adherirse, como es el caso del entubado de otra perforación. En esta situación resultarían bacterias autóctonas.

Cuando se modifican las condiciones normales en el ciclo de estas bacterias volviendo al medio inapropiado u hostil, se generan endoesporas que mantienen la vida latente hasta que el medio se vuelve adecuado nuevamente (Gariboglio, 1993). Hemos comprobado esto en nuestros estudios de laboratorio, las muestras colocadas en portaobjetos para su observación al microscopio deterioran su ambiente con rapidez y las bacterias comienzan a esporular. Las bacterias pueden quedar adheridas a los equipos de perforación, tanto en los trépanos como en los estabilizadores o barras, y se convierten en esporas al modificarse su entorno cuando se extraen las piezas.

No se descarta que las bacterias de La Rioja sean alóctonas, ya que hasta comienzo de los 80 era común que la vida útil de las perforaciones alcanzara los 50 años, mientras que ahora, incluso con el empleo de materiales más modernos la vida útil se ha reducido en algunos casos a 5 años. La explicación más plausible es que a partir de 1980 se realizaron muchos pozos, especialmente en los últimos 20 años en que se ha incrementado la superficie cultivada por medio de diferimientos impositivos en San Juan, Catamarca y La Rioja. Puede suponerse que las empresas que prestaron el servicio de perforación, trasladaron sus equipos de un lugar a otro y como en ese periodo el fenómeno no era conocido, no se tomó ningún tipo de precauciones.

Retomando el análisis y sintetizando entonces, las causas naturales por las que los microorganismos ingresan por debajo de la freática pueden ser:

- Aportes al acuífero de otras fuentes subterráneas.
- Infiltración de agua de la superficie.



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



Entre las causas antrópicas se cuentan:

- Que sean introducidas con el entubado o con la bomba.
- Introducidas por el tren de perforación.
- Que ingresen con los lodos de perforación.

Las causas más probables en nuestro caso serían las del segundo grupo, causas antrópicas. Conociendo esto, se deben tomar distintos tipos de precauciones tanto en la ejecución de la perforación como durante la vida operativa del pozo para evitar la propagación del fenómeno y el envejecimiento prematuro de instalaciones de bombeo o su incorporación a instalaciones industriales.

Conclusiones y recomendaciones. El fenómeno CIM, ha sido confirmado en las perforaciones de agua subterránea de La Rioja. Se detectó por evaluación de los indicios. Los estudios bacteriológicos realizados confirmaron la presencia de ambas bacterias del fenómeno CIM, se pudo concluir además que entre ellas hay mesófilas y levemente termófilas y que en varios casos se ha encontrado que tienen la facultad de esporular. Estos datos son importantes porque se confirma el riesgo de propagación por esporas, y que las instalaciones son susceptibles de ser tratadas térmicamente (pasteurización). La microscopía electrónica de barrido sobre muestras de la superficie de las tuberías y de las incrustaciones, ratifica la presencia de estos microorganismos.

El fenómeno se avizora más grave o severo ya que el mismo puede estar presente, ya sea por propagación antrópica o por presencia autóctona, en otros acuíferos de la provincia. Las bacterias asociadas al fenómeno no son patógenas, por lo que no se incluye su detección en los análisis reglamentarios, sin embargo urge incluirlas para detectarlas desde el comienzo de la actividad del pozo para tomar medidas preventivas desde el inicio.

Las principales recomendaciones operativas son:

- Llevar un registro pormenorizado de las operaciones en cada perforación.
- Realizar periódicamente monitoreo con video-sonda en las tuberías de impulsión, encamisados y filtros de las perforaciones.
- Desinfectar todos los equipos y herramientas de perforación con hipoclorito, antes de iniciar un pozo. Limpiar la bomba de lodos de restos anteriores y clorar el circuito.
- Tratar los lodos de perforación tanto para su reaprovechamiento como para su descarte.
- Esterilizar el agua que se va a emplear para la preparación del lodo.
- Desinfectar con vapor o con solución de hipoclorito, las playas de maniobra, tanto en la ejecución de perforaciones como en su mantenimiento, ya que en estas quedan desprendimientos de incrustaciones potencialmente contaminados.



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



- Remover las incrustaciones de los entubados por cepillado durante los manteamientos. El desprendimiento de las incrustaciones con las bacterias del hierro impiden la colonización de la perforación por las agresivas BRS, que se instalan cuando las bacterias del hierro han creado las condiciones adecuadas. Desinfectar los entubados luego de su cepillado. Tratar el material que se desprende en el proceso de cepillado para su disposición.
- Tratar las bombas reparadas antes de introducirlas en la perforación, especialmente si ésta es diferente de la original.
- Ensayar la protección catódica pasiva y otros materiales en entubados (PVC, acero galvanizado, etc.).

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calbo V. (2015). *Corrosión Inducida por Microorganismos en perforaciones de agua subterránea de La Rioja*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Catamarca.
- Cullimore D.R. (1986). *Think Tank on Biofilms and Biofouling in Wells and Groundwater Systems*, Regina Water Research Institute, University of Regina, *Ed. IPSCO*. Canada.
- De Turrís A., Ocando L., Romero F., Fernández M. 2013. ¿Pueden los Microorganismos Impactar los Materiales de Construcción?, Una revisión. DIALNET. 10: 23-33.
- Driscoll F.G. (1986). *Groundwater and Wells*”, Johnson Filtration System Inc. 2ª ed., St. Paul, Minnesota, USA.
- Gariboglio M.A., Smith S.A. (1993). *Corrosión e incrustación de microbiológica en sistemas de captación y conducción agua. Aspectos teóricos y aplicados*. Consejo Federal de Inversiones CFI. Buenos Aires,
- Goldstein J., Newbury D.E., Joy D.C., Lyman C.E., Echlin P., Lifshin E., Sawyer L., Michael J.R. 2003. *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*, 3rd ed., Springer. USA.
- Müyzer G., Stams A.J.M. (2008). The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria. *Nature Reviews. Microbiology*.6: 441-454.



elaus



2016 AÑO DEL
BICENTENARIO
DE LA DECLARACIÓN
DE LA INDEPENDENCIA
NACIONAL



LAS AGUAS TERMALES DE SANTA TERESITA, PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA

Carlos Martín FALCÓN^{1,2}, Gabriel MORENO² y Ana María COMBINA²

1- Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO) Universidad Nacional de Tucumán.

Tucumán, Argentina. CP 4000. camafa377@yahoo.com.ar

2- Instituto de Geología y Recursos Naturales (INGEREN). Universidad Nacional de La Rioja.

Dr. Luis Vernet 1000. La Rioja, Argentina. CP 5.300. ana.maria.combina@gmail.com;
gabymor_89@hotmail.com

Resumen: la presencia de recursos hidrotermales en el extremo norte de la Sierra de Velasco, ubicados en la localidad de Santa Teresita y parajes aledaños se conoce desde mediados del siglo XX. Las primeras explotaciones de aguas subterráneas en la región, las realizó el Ejército Argentino entre 1940 y 1950, en la localidad de Los Médanos, próximo a las riberas del río Salado o Abaucán, para fomento del desarrollo de colonias agrícolas. Las manifestaciones estudiadas se encuentran el extremo sur de la Cuenca Hidrogeológica del Salar de Pipanaco, dentro de la Provincia Hidrogeológica de Valles Intermontanos de las Sierras Pampeanas (Sosic, 1973). Las aguas subterráneas en este sector, se encuentran fundamentalmente en depósitos cuaternarios y en menor proporción, en sedimentitas terciarias. Se analizaron 10 muestras de aguas de pozos termales y 2 de vertientes, evaluándose parámetros físicos y químicos como temperatura de emergencia de la fuente, pH, caudal, conductividad y dureza y las concentraciones iónicas de cationes y aniones mayoritarios, que permitieron realizar su caracterización química y la aplicación de geotermómetros catiónicos.

Palabras clave: Estudios hidrotermales, Santa Teresita, La Rioja, Evaluación del recurso.

Abstract: the presence of hydrothermal resources at the northern of the Velasco Range, located in the town of Santa Teresita and nearby places known since the mid-twentieth century. The first farms of groundwater in the region, the Argentine Army conducted between 1940 and 1950, in the town of Los Medanos, near the banks of the Salado river or Abaucán to promote the development of agricultural colonies. The demonstrations are studied the southern tip of the hydrogeological basin Salar de Pipanaco within the Hydrogeological Province intermountain valleys of the Precordillera (Sosic, 1973). Groundwater in this sector are mainly in Quaternary