



FEDERACION  
ARGENTINA  
de ESPELEOLOGIA

ISSN 1851-894X

# ARGENTINA SUBTERRÁNEA 43

Publicación semestral de la Federación Argentina de Espeleología - FAde  
Edición Electrónica:

[www.fade.org.ar](http://www.fade.org.ar), [www.sinpelos2011.wordpress.com](http://www.sinpelos2011.wordpress.com), [contacto@fade.org.ar](mailto:contacto@fade.org.ar)

Facebook: <https://www.facebook.com/groups/872559679540283/>

Año 18 - N° 43 – abril de 2018 - Director: Carlos Benedetto

**La FADE encabeza, en Mendoza, la lucha legal contra el fracking, iniciada en 2006. Nuevas denuncias por desmanejos en cuevas neuquinas**

(págs. 2-4)

**Avanza el Parque Espeleológico Poti Malal-Portezuelo del Viento y una nueva espeleo cercana a la visión de nuestros pueblos originarios**

(págs. 14-18)

**Actualización de datos Espeleo—biológicos de Salta y de todo el país en un Simposio en Brasil** (págs. 19-28)

**Memoria Anual 2017: 18 años trabajando por el ambiente, las cavernas y una Espeleología Científica** (págs. 5 a 18)

**Colega cubano expone sobre malas prácticas mineras en Ecuador** (págs. 27 a 49)



**Falsos espeleólogos involucrados en la ilegalidad del fracking en un área protegida mendocina, y en un protocolo de seguridad en Las Brujas que no existe** (págs. 51 a 56)





FEDERACION  
ARGENTINA  
de ESPELEOLOGIA

## ARGENTINA SUBTERRANEA ISSN 1851- 894X

Publicación semestral digital de la  
Federación Argentina de Espeleología  
Director: Carlos Benedetto  
Año 18—Nro. 43  
Abril de 2018

Se permite la reproducción total o parcial de los  
artículos de este boletín. Rogamos citar la fuente.

Federación Argentina de Espeleología - FAde.  
Asociación civil de segundo grado sin fines de lucro  
dedicada al estudio y protección de las cavidades  
naturales, integrada por asociaciones espeleológi-  
cas, espeleólogos independientes e investigadores  
de distintas provincias argentinas. Personería Jurí-  
dica: Resolución 750/2001 - Expte. DPJ-Mendoza  
1061-F/2000—Legajo 4594. CUIT: 30-70745522-1.  
La F.A.d.E. es representante de la Argentina ante la  
Unión Internacional de Espeleología -U.I.S. y forma  
parte de la Unión Latinoamericana de Espeleología -  
ULE. Entidad inscrita en el Registro de Asociacio-  
nes Espeleológicas del Gobierno de la Provincia de  
Mendoza (Ley 5978/93): Resolución DRNR 559/02.  
Nro. de inscripción: 002. Entidad Adherida a la Red  
Nacional de Acción Ecologista (RENACE)

**Presidente:** Carlos Benedetto; **Vicepresidente:**  
Anibal Fernando Cuesta; **Secretario:** Pablo Seco;  
**Tesorera:** Marta Brojan; **Vocales titulares:** Chris-  
tian Alberto Alcalá; (Prosecretario), José Fernan-  
do Castro, Renzo Portioli; **Vocales suplentes:**  
Renzo Molini, Camilo Richard, Ivanna Bustos;  
**Revisores de Cuentas:** Esther Arroyo, Aída Ele-  
na Galán Guajardo

**Sede social e informes:** Pje. El Payén 1035  
(5613) Malargüe – Mendoza- Argentina. Celular:  
54 2604 613810. Whatsapp: 54 2604 094916.

**Contactos:**

contacto@fade.org.ar , cd\_fade@fade.org.ar

[www.fade.org.ar](http://www.fade.org.ar)

<https://www.facebook.com/groups/872559679540283/>

[www.sinpelos2011.wordpress.com](http://www.sinpelos2011.wordpress.com)

FOTO DE PORTADA: la boca de la Salamanca de  
Buta Ranquil, Neuquén, desde el interior. Enero de  
2018. foto de Giulio Cotechini:



# 50 años de Espeleo- logía Científica en Argentina

Carlos Benedetto

El día 27 de abril la FAde presentó en la DPJ de Mendoza, sus Memoria y Balance Nros. 17 (Expte 1458/18 Amb 00917), más la convocatoria a asamblea, con lo que se convierte en:

- la única ONG espeleológica que lleva 18 años consecutivos e ininterrumpidos de rendición de sus actividades y estados contables en los cincuenta años que cumple la actividad, y que está inscrita en AFIP.

- la única ONG espeleológica que realiza sus actividades abiertas a espeleólogos no federados.

- (Dicho sea de paso, la única ONG espeleológica argentina que consiguió ubicar un directivo en el Bureau Ejecutivo de la UIS - Unión Internacional de espeleología -2005-2009 -, ( que aún hoy tiene voz aunque no voto en las reuniones mismas del Bureau)

2018 es el año del 50 aniversario del nacimiento de la Espeleología Científica en el país, con la expedición de Pierre Strinati a Caverna de Las Brujas que dio lugar, cuatro años después, a la segunda publicación bioespeleológica de nuestra historia:

**-BRIGNOLI, M., 1972. Sur quelques araignées cavernicoles d'Argentine, Uruguay et Venezuela récoltées para le Dr. P. Strinati (Arachnida, Araneae). En : Revue suisse Zool., 79, 1, p. 361-385**

Ese mismo año, la Asociación Geológica Argentina publicaba el primer trabajo sobre Cueva de Las Brujas y su mineralogía:

**-SIEGEL, F., J. P. MILLS & J.W. PIERCE, 1968. Aspectos petrográficos y geoquímicos de espeleotemas de ópalo y calcita de la Cueva de La Bruja, Mendoza, República Argentina. En: Revista de la Asociación Geológica Argentina XXIII (1): 5-16. Buenos Aires.**

Se cumplen también 10 años de la puesta en marcha del Plan estratégico para el Desarrollo de la Espeleología aprobado por la Asamblea 2008 y resistida por los "espeleólogos" que en realidad son operadores políticos de las empresas mineras y petroleras y que resisten el concepto de que las cavernas son un activo ambiental.

Al Igual que en nuestro número anterior, transcribimos el acta de la Asamblea del 15 de abril pasado:

**"En la Ciudad de Malargüe, siendo las 10.00 horas del día 15 de abril de 2018, y habiendo esperado una hora desde la publicación en el Boletín Oficial de Mendoza del 22-03-2018 y comunicada en tiempo y forma a la Dirección de Personas Jurídicas (Expte. 1458/18), se da inicio a la Asamblea Ordinaria Se comienza designando presidente de la misma a Carlos Benedetto y secretaria a Marta Brojan. Se establece asimismo que podrán firmar el acta todos los que deseen hacerlo. Se procede luego a aprobar Memoria y Balance 2017, disponiendo que la Memoria sea publicada en la revista ARGENTINA SUBTERRANEA 43, con los agregados de publicaciones producidas en el período 1.1.18 a 30.4.18. Se decide modificar las cuotas sociales mensuales: \$ 100 (personas jurídicas asociadas), \$ 70 (personas físicas activas) y \$ 50 (personas físicas adherentes) desde el 1º de mayo del corriente año. A ello se suma un mínimo de \$ 200 en cuotas extraordinarias en junio y diciembre, facultando al Consejo Directivo a modificar dichos importes según la situación económica del país. Asimismo se aprueba la designación de Federico Soria, Christian Montoro y Laura Vera como socios honorarios. Se resuelve asimismo que la sede social de la FAde siga siendo El Payén 1035 Malargüe, pero además la sede legal queda constituida en el estudio jurídico de la Dra. Alejandra Canizzo, Necochea 31 – 1º piso dep. to.. 7 – Mendoza capital. Se confirma al presidente como delegado permanente ante la Asamblea de la Unión Internacional de espeleología (UIS) y se le pide consensuar con la Unión Argentina de Espeleología (UAE) la constitución de una delegación con un suplente y un titular, según convenga a ambas asociaciones. No habiendo más temas que tratar, se da por terminada la Asamblea siendo las 11.05 horas."**

## La espeleología será ambientalista, o no será nada.

**La FAdE es la primera ONG ambientalista del país que consigue llegar con un amparo a una Suprema Corte Provincial (Mendoza), donde seguramente estará sometido a presiones políticas y demoras.**



Foto de Giulio Cotechini desde la boca de acceso de la Cueva de los Tunducos, de la que se actualizaron los datos catastrales y se pudo verificar que está mucho más limpia que en las visitas anteriores. Dentro de la cavidad se observaron cristalizaciones que podrían ser de interés para la comisión de Físico Química del Karst de la UIS. De haber visitado las otras cavidades de la zona, la impresión hubiese sido mayor

**pero somos los únicos, hasta ahora, y los primeros, por siempre.** Y hay otras 20 acciones legales por distintos temas, incluyendolos específicamente espeleológicos, que están siendo analizados por nuestros abogados vinculados al estudio jurídico que ahora es nuestra nueva sede legal en la capital de una provincia que ha caído en manos del autoritarismo más insolente de que se tenga noticias.

Se trata de que, desde agosto de 2017 nos hemos comprometido en la lucha antifracking valiéndonos de una herramienta que en estos 18 años consideramos vital para mantenernos en vigencia: nuestra legalidad institucional (**Lo que dice Marcela Peralta en pág. 28 (subrayado por nosotros) es suficiente razón para justificar ésta, nuestra apertura).**

Así es que terminamos convirtiéndonos en vanguardia del movimiento ambientalista mendocino, por lo que decimos al principio de este subtítulo y los links que enumeramos sólo a título enunciativo:

-<https://losandes.com.ar/articulo/view?slug=fracking-el-problema-mayor-son-los-funcionarios-por-eduardo-sosa>

-<http://amosquitera.org/2018/03/20/vuelve/>

-<http://la5tapata.net/fracking-izquierda-populismo/>

-<http://www.laizquierdadiario.com/Con-el-fracking-el-Gobierno-atenta-contras-las-Constituciones-nacional-y-provincial>

-<https://diariosanrafael.com.ar/albertokobayashi-el-fracking-no-tiene-licencia-social-76147/>

-<https://diariosanrafael.com.ar/el-justicialismo-le-pedira-a-cornejo-bajar-el-decreto-por-el-fracking-para-analizarlo-en-la-legislatura-75183/>

-<http://www.universidad.com.ar/el-fracking-genera-otra-grieta-en-el-pj-mendocino>

-<https://www.facebook.com/yobancola7722/posts/1523282414639811>

-<https://www.elsoldesanluis.com.mx/local/indigenas-se-organizan-contrael-fracking-1628441.html>

-<https://www.elsol.com.ar/autorizan-una-investigacion-petrolera-en-un-area-natural-protegida>

-<http://www.opsur.org.ar/blog/2017/08/25/mendoza-se-acerca-a-vacamuerta-y-las-fracturas-quedan-a-la-vista/>

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2018/04/28/mas-sobre-fracking/>

<https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/analisis-de-aguas.pdf>

<https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/blanco-y-nievas-ambiental-26-4.pdf>

[https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/compendium\\_final\\_25\\_de\\_mayo.pdf](https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/compendium_final_25_de_mayo.pdf)

<https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/externalidades-vacamuerta-opsur.pdf>

<https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/fracking-compendium-5.pdf>

<https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2018/04/opsur.pdf>

El caso más patético es el que puede apreciarse en <https://www.elsol.com.ar/autorizan-una-investigacion-petrolera-en-un-area-natural-protegida>, donde puede verse la participación, en un proyecto anti-ambiental, de la Dra. Silvia Barredo, ex vicepresidenta de la FAdE y

ex presidenta de la Unión Argentina de Espeleología, quien hace diez años se oponía férreamente a dotar a la espeleología de su obvio carácter científico-ambientalista.

No entendíamos entonces cómo a nosotros se nos cuestionaba tomar partido por el ambientalismo, y ahora lo entendemos. Son las contradicciones que se verifican en los suburbios de la espeleología, con los que cada tanto tenemos que seguir lidiando.

Sobre estos temas hablamos en esta revista, y es plausible para nosotros haber recuperado a un gran valor de la defensa del ambiente como Federico Soria, quien fuera vicepresidente de nuestra FAdE entre el 18 de octubre de 2008 y el 30 de abril de 2009, y quien también nos puso en alerta sobre el peligro de la cueva Caicayén, Neuquén, a la que visitamos luego de 35 años y nos sentimos felices de haber sido reconocidos y atendidos, en el puesto, por los verdaderos defensores del ambiente, que son quienes habitan en él y sufren los efectos nefastos de una minería (en este caso, del cobre) sin consultas previas y contra lo estipulado en la Ley Nacional 25.675. Sobre este tema, antes de iniciar la recorrida en Neuquén capital que finalizaría en Mendoza capital, presentamos un proyecto en la Legislatura Neuquina para pedir por la protección de las Cuevas del León y Caicayén:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2018/04/29/reclamos-fade-sobre-cuevas-del-neuquen-en-peligro/>

Con el mismo criterio allí expuesto, el de incluir la visión de los pueblos originarios en nuestros proyectos, es que encaramos el proyecto de Parque Espeleológico Poti Malal-Portezuelo del Viento, cuya resolución autorizante publicamos a continuación del texto de nuestra Memoria.

La Cuenca Neuquina se fortalece en el eje Las Lajas-Malargüe, y es posible que este año ese eje tenga un nuevo punto clave: Chos Malal. Sobre esto las brevas aún no están maduras....

Tuvimos ocasión de hacer eso gracias al pedido de ayuda que nos hizo Tobías Etienne-Greenwood, sociólogo francés que está haciendo su tesis y necesitaba de nuestro acompañamiento para visitar comunidades rurales (originarias o no) de la Cuenca Neuquina (norte de Neuquén y sur de Mendoza). Allí estuvimos, en Las Lajas, Zapala, Chos Malal.

En el caso de la Cueva del León, las mismas personas que provocaron problemas a la FAdE en 2008 (y lo siguen haciendo) y que ahora tienen a Silvia Barredo como vicepresidenta (UAE) llevaron a cabo tareas de buceo en esa cueva sin pedir permiso al Consejo de la comunidad originaria local, sino sólo a su lonko, lo que generó un conflicto entre éste y su consejo, y han cambiado sus autoridades. A ellos les hemos hecho saber que la FAdE los respetará en mayor medida que la UAE y las autoridades provinciales, porque es SU tierra. Y distribuimos copias del proyecto presentado en la Legislatura linkeado más arriba.

En nuestra recorrida vimos los efectos devastadores de la minería y el petróleo en Neuquén e iniciamos contactos que luego se continuarán dando mucha información de la que carecen los lugareños: **estas empresas, y su brazo espeleológico, se manejan todos/as con el mismo criterio: aprovecharse de la ignorancia de los demás, pasar por encima, atropellar todo, generar conflictos, arrasar con todo y luego volver a sus computadoras a difamar.**

Esto ocurrió en la segunda semana de abril. Inmediatamente después de nuestra Asamblea, pero antes habíamos recibido, quizás a modo de soborno para silenciarnos, un permiso de las autoridades ambientales mendocinas, la autorización para avanzar en la creación de un Parque Espeleológico en Poti Malal y Portezuelo del Viento, zona que también se verá afectada ambientalmente por la construcción de una gigantesca represa, y que será administrada por la provincia de Mendoza en lugar



Los yesos del Jurásico en Las Leñas serán uno de los objetivos de las expediciones trinacionales del próximo verano

del Comité Intercuencias del río Colorado (COIRCO), como exigió la FAdE, ya que los ríos que nacen en esa región alimentan con sus aguas a cinco provincias, no a una sola.

En el proyecto ya están trabajando el geólogo catalán Christian Montoro y su esposa ambientalista Laura Vera, ambos espeleólogos residentes en Chile, y eso activó la realización de un curso nivel 2 de nuestra escuela, en el Casal de Catalunya en Buenos Aires, posiblemente entre junio y agosto próximos, para formar nuevos espeleólogos, reforzar a nuestra delegación Buenos Aires y alentar la unión de ambas espeleologías nacionales, proyecto iniciado en Las Lajas por nuestro vicepresidente en el año 2016.

También intervenimos públicamente en defensa del Dr. Ricardo Villalba, ex titular del IANIGLA, injustamente procesado por supuestas deficiencias en la aplicación de la Ley de Glaciares: un derrame de cianuro de una mina de oro canadiense en San Juan, y la Justicia procesa al científico en lugar de procesar a la empresa..... Con nuestro amigo Tobías repetíamos a menudo algo que lo hacía sonreír: "si Kafka fuese argentino, sería un escritor costumbrista".

Para el verano próximo se espera mucha acción en ambas provincias, ya que también contaremos con espeleólogos italianos: en enero recibimos a Giulio Cotechini, y recorrimos la cuenca neuquina, comprobando el total abandono de la Salamanca en Buta Ranquil,



Fotos de Giulio Cotechini afuera y adentro de la Salamanca de Buta Ranquil, cuyo cartel estaba arrancado y la cueva estaba muy sucia.



Volviendo de Buta Ranquil, Neuquén, con las escritoras y mochileras norteamericanas Cathy Brown y Kristin Deasy. Ambas residen en Argentina

leólogos de la FAdE seguramente no, habida cuenta de que nunca se solidarizaron, por ejemplo, cuando nuestra tesorera debió sufrir una cirugía cardíaca; todo lo contrario, el presidente de la UAE, responsable de estos desmanes, se burló de ella en sus clásicos mensajes de Internet.

Estas personas, obsecuentes de los poderes de turno y ávidos de "poder", incluso visitaron la cueva de Las Brujas en diciembre de 2017, para convalidar los desastres que se están haciendo allí en materia de seguridad, pero en abril nos enteramos que los cascos que se entregan a los turistas en las visitas, **están vencidos**. Veamos lo que dice la prensa local: <http://www.malarguedeadiario.com/los-cascos-en-caverna-de-las-brujas-estan-vencidos/>.

Hay una curiosa correspondencia entre esto y lo anterior: <http://federico-soria.blogspot.com.ar/2018/04/fracking-en-mendoza-el-gobierno.html>:

Mediante resolución, la DRNR autoriza "investigaciones" en dos áreas protegidas mendocinas, en una para justificar al fracking (Divisadero Largo) y en la otra (Las Brujas) para "desmentir" la inseguridad que denuncia la FAdE, con la complicidad de un rescatista puertorriqueño, Carlos Laó, del equipo del depredador Efraín Mercado y su "FEALC".

La buena noticia es que la resistencia de los espeleólogos por las barbaridades que se están haciendo contra las cavernas y el ambiente en general, especialmente en las explotaciones petroleras, ya provocó una baja política: en los días previos a la emisión de ARGENTINA SUBTERRANEA 43, renunciaba Mabel Chambouleyron a la Dirección de Recursos Naturales Renovables de Mendoza. Chambouleyron, responsable de casi todos los desaguisados cometidos con el ambiente en Mendoza en lo que va de estos dos últimos años y medio, ya no está.. Vendrá otro burócrata ignorante a reemplazarla, pero eso será otra historia

Ya está claro, banco sobre negro, sobre los motivos de la crisis interna que tuvo la FAdE en 2008, hace 10 años.....

**Nosotros no predicamos la unidad; la practicamos. No enseñamos técnicas de rescate que después no podrán ser aplicadas y que se hacen sólo por deporte.**

El deporte o la ciencia, es otra encrucijada en la que hemos elegido, una vez más el camino correcto.

Carlos Benedetto



Saliendo del Puesto Contreras hacia Cueva Caicayen. En la foto, Tobías Etienne, Greenwood, Miguel Contreras y Anibal Fernando Cuesta



La peor fotos de cavernas de todos los tiempos. El presidente y el vicepresidente de la FAdE en la boca de acceso de Cueva Caicayén, donde se colectaron muestras de agua

## Rescate?

A propósito del "rescatismo" en cuevas, tomamos conocimiento, en el campo, del fracaso que nuestros adversarios experimentaron en dos oportunidades, en 2017, en la provincia del Neuquén: formar rescatistas de cuevas en una provincia donde no se puede entrar a las cuevas si no es clandestinamente, a menos que se sea amigo de la Directora de Patrimonio Cultural..... ¿a quiénes rescataran estos rescatistas?. A los espe-

# **Memoria Anual 2017: los nuevos horizontes ambientales de la Espeleología Científica en Argentina**

## **Annual Report 2017: new environmental horizons of Scientific Speleology in Argentina**

**Carlos Benedetto**  
**Presidente FAdE**  
**Ex Secretario Adjunto UIS**

### **Resumen**

*La Memoria Anual 2017 muestra a una FAdE que es la única asociación que mantiene 18 años consecutivos de vigencia jurídica y que avanza en el camino de un desarrollo de la Espeleología Científica cercana al medio académico y al movimiento ambientalista nacional. Se resumen los trabajos de campo realizados y en especial aquellos relacionados con la búsqueda de consensos con los pueblos originarios, como es el caso del Parque Espeleológico Poti Malal, el cual está recibiendo cooperación de la comunidad espeleológica catalana. Experiencias similares se están estudiando en la provincia del Neuquén. En 2017 no se realizaron experiencias de enseñanza de la espeleología debido a la crítica situación económica del país, pero se dieron pasos muy importantes para actualizar los conocimientos de la Bio Espeleología en Argentina.*

### **Summary**

*The Annual Report 2017 shows an FAdE that is the only association that has 18 consecutive years of legal validity and that advances in the path of a development of Scientific Speleology close to the academic environment and the national environmental movement. The field work carried out is summarized, especially those related to the search for consensus with the indigenous peoples, such as the Poti Malal Speleological Park, which is receiving cooperation from the Catalan speleological community. Similar experiences are being studied in the province of Neuquén. In 2017 there were no speleology teaching experiences due to the critical economic situation of the country, but very important steps were taken to update the knowledge of the Bio Speleology in Argentina.*

## **Memoria Anual Ejercicio 2017**

### **Aspectos institucionales**

En este período no se han registrado bajas de miembros, aunque al finalizar el año se estaba analizando la reincorporación del Lic. Federico Sorria, ex vicepresidente de la asociación entre el 18 de octubre de 2008 y el 30 de abril de 2009, en calidad de Miembro Honorario, lo cual deberá ser considerado por la Asamblea Anual Ordinaria 2018, como el resto de la presente Memoria.

En 2017 se han registrado notables atrasos en el pago de las cuotas mensuales, por imperio de la crisis económica que vive el país en los últimos dos años. Hay asociados honorarios que, sin tener obligación de hacerlo, se han hecho cargo de las cuotas atrasadas de algunos asociados activos, lo que pone en evidencia que, como en el resto de la sociedad, la solidaridad suple la carencia de recursos y de apoyo estatal, situación que no es verificable en otras ONGs ambientalistas y mucho menos espeleológicas. Es el precio que estamos pagando por no someternos a los poderes públicos ni a espacios políticos específicos. La espeleología aparece, entonces, con un espacio de militancia socio-ambiental, sin adscripciones partidarias abiertas o encubiertas.

La Asamblea que tratará esta Memoria se realizará en fecha cercana al 26 de abril, cuando se cumplirán 10 años de la aprobación de un Plan Estratégico para el desarrollo de la Espeleología y cuyos ejes centrales eran (siguen siendo): 1) apertura de la Espeleología a otras problemáticas del ambientalismo; 2) sustraer progresivamente a la Espeleología de la lógica tribal de los clubes y grupos para llevar a cabo el trasvasamiento al medio académico.

Debe mencionarse la situación del Lic. Eduardo Sosa, ex miembro de OIKOS RED AMBIENTAL, en cuya sede establecimos domicilio legal en la ciudad de Mendoza hace diez años, lo que motivó la deserción de falsos espeleólogos que no querían aparecer asociados a nada que pudiera parecerse a la militancia contra la megaminería.

El Lic. Sosa fue designado, con esta nueva gestión gubernamental, como jefe de gabinete de la Secretaría de Ambiente y se alejó de su asociación, la cual además cambió su domicilio. Eso nos plantea la necesidad de volver a cambiar, como hace diez años, nuestra dirección legal en la capital provincial.

Este año la situación laboral del Lic. Sosa se tornó crítica, en tanto sus propuestas de trabajo eran archivadas o rechazadas, lo que derivó en su renuncia a fines del año, como asimismo su invitación a realizar acciones legales contra el gobierno provincial a ONGs ambientalistas, iniciativa a la que nos sumamos junto a otras asociaciones. No fue posible, como anunciamos en la Memoria 2016, la homologación del convenio firmado con la Secretaría de Ambiente, pero ese hecho es uno más en el universo de errores políticos cometidos por la actual gestión, que incluyen la negativa a convocar al Consejo Provincial del Ambiente, del que formamos parte: <https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/09/21/fade-reclama-reunion-del-cpa-por-el-fracking/fade-reclama-reunion-del-cpa/>.

Asimismo propusimos al Lic. Sosa sumarlo a la Federación como socio honorario, pero declinó la oferta para no empañar a nuestra asociación con sus próximos pasos políticos a llevar a cabo contra la administración gubernamental. La Presidencia le comunicó que la propuesta sigue en pie hasta que él mismo pueda aceptar y él mismo aceptó la misma de muy buen grado.

En el año 2017 se produjo un distanciamiento abrupto respecto de la Asamblea Permanente por los Derechos Humanos (APDH) en virtud de la crisis interna por la que atraviesa esa ONG, pero simultáneamente se producía un acercamiento al Sindicato Unido de Trabajadores de la Educación (SUTE), cuya nueva conducción es más abierta a las temáticas ambientales.

Asimismo se ha producido un acercamiento a otras asociaciones ambientalistas de todo el país, a propósito de problemas nuevos en común, como es el fracking. Sin embargo, no hemos podido partici-

par de la asamblea de la Red Nacional de Acción Ecologista a la que pertenecemos, pero participamos activamente de sus petitorios y reclamos, como asimismo recibimos solidaridad en los nuestros.

En otro orden de cosas, y a fin de remarcar la importancia de nuestra asociación, hasta el momento no hay constancias fehacientes de que otras presuntas asociaciones de segundo grado tengan vigencia jurídica (balances al día, registro actualizado en la AFIP, etc.), convoquen a asambleas mediante edictos en el Boletín Oficial (salvo el grupo GEMA de Mendoza, una vez)

En el orden ideológico-institucional, nos remitimos a los editoriales de las dos últimas revistas semestrales ARGENTINA SUBTERRANEA:

#### **Nro. 41:**

#### ***9 años de Plan Estratégico***

*En la página 9 de esta nueva presentación de ARGENTINA SUBTERRANEA actualizamos los links a las informaciones espeleológicas posteadas por la FAde en 2017, que complementan a la Memoria Anual 2016.*

*Transcribimos el acta de la última asamblea, donde podremos observar nuestra generosidad para con nuestros adversarios, y en los links mencionados puede verse que avanzamos sin detenernos en un derrotero que en el editorial anterior resumimos en "Tribalismo o academicismo?": **En la Ciudad de Marlargüe, siendo las 10.00 horas del día 29 de abril de 2017, y habiendo esperado una hora desde la publicada en el Boletín Oficial de Mendoza del 05-04-2017 y comunicada en tiempo y forma a la Dirección de Personas Jurídicas, se da inicio a la Asamblea Ordinaria. Se comienza la Asamblea designando presidente de la misma a Carlos Benedetto y secretaria a Marta Brojan. Se establece asimismo que podrán firmar el acta todos los que deseen hacerlo. Se procede luego a aprobar Memoria y Balance 2016 (expte. DPJ 1374/2017). No se plantean objeciones al Balance 2016 ni a la Memoria del mismo período, que se aprueba sin correcciones, disponiendo que la misma sea publicada en la revista ARGENTINA SUBTERRANEA Nro. 41 y se decide modificar las cuotas sociales mensuales: \$80 (personas jurídicas asociadas), \$ 40 (miembros individuales activos) y \$ 30 (miembros individuales adherentes) hasta el 31 de agosto de 2017. Desde el 1º de septiembre de 2017 serán de \$ 100, \$ 50 y \$ 40 respectivamente; a ello se suma un mínimo de 200 pesos en cuotas extraordinarias para los meses de junio y diciembre, facultando al Consejo Directivo a modificar dichos importes según la situación económica del país. A continuación se toma nota de que el asociado Oscar Narvaez deja su cargo y en su lugar es elegido el asociado Camilo Richard; el asociado Aníbal Fernando Cuesta es elegido vicepresidente en lugar del asociado Christian Alcalá, quien pasa a ser primer vocal con funciones de prosecretario. El nuevo Concejo Directivo y el órgano***

de Fiscalización quedan constituidos como sigue: Presidente: BENEDETTO, Carlos Alberto; Vicepresidente: CUESTA, Aníbal Fernando; Secretario: SECO, Pablo; Tesorera: BROJAN, Marta Beatriz; Vocales titulares: ALCALÁ, Christian Alberto; CASTRO, José Fernando; PORTIOLI, Renzo; Vocales Suplentes: MOLINI, Renzo; RICHARD, Camilo; BUSTOS, Ivanna Elizabeth; Revisoras de cuentas titulares: ARROYO, Esther, GALAN, Aída. Se aprueba la moción del pasar al asociado Sebastián Di Martino de la categoría de adherente a la de Honorario, a su pedido. Se deja en libertad de acción al presidente para decidir sobre el futuro de la publicación ESPELEOAR (MENDOZA) ISSN 2314-2871 Se resuelve asimismo designar al presidente como delegado permanente ante la Asamblea de la UIS y se le pide consensuar con la Unión Argentina de Espeleología la constitución de una delegación con un suplente y un titular, según convenga a ambas asociaciones. No habiendo más temas que tratar, se da por terminada la Asamblea siendo las 11.25 horas. (Es transcripción fiel del original en Libros de Actas Rubricado Nro. 2 – folios 120 a 122).

No hay mucho para agregar, excepto que nuestras previsiones de hace casi una década, en el sentido de que no tiene futuro una espeleología que siga descansando en los “clubes” y en la alianza de éstos con funcionarios políticos desconocedores del tema, y en la conformación de alianzas o federaciones políticas con criterio cuantitativo más que cualitativo. En esa seguridad, sigue dándonos lo mismo estar del lado de los oficialismo o las oposiciones políticas.

#### Nro. 42:

##### *Los nuevos horizontes de la espeleología*

Hace un par de meses nuestra (ahora) Dra. Marcela Peralta fue designada Directora del Área de Zoología de la Fundación Miguel Lillo y pese a sus numerosas y nuevas responsabilidades, no abandona la espeleología, sino que está buscando, como todos los que queremos dejar atrás el tribalismo de los “grupos” de se mueven con criterios exclusivamente políticos y que, por suerte, en los últimos tiempos, ya no encuentran qué hacer, salvo organizar cursos de rescate en cavernas a las que después las autoridades no los dejarán ingresar.

La Dra. Peralta, mejor dicho Marcela, está trabajando duro en proyectos que atañen a la Espeleobiología de toda América Latina, pero en este número sólo nos dio una comunicación relacionada con el reciente Congreso de Biodiversidad en la provincia de Río Negro, donde está claro que la suerte de la espeleología, y de las cavernas, está atado indisolublemente a la suerte de todo el ambiente. Somos sólo una trinchera dentro de la lucha ambientalista

y ecologista, mal que les pese a quienes desde 2008 nos vienen difamando de todas las formas posibles. Por eso también volvemos a reproducir el manifiesto 2017 de la RENACE.

En relación con eso, aceptamos el convite de la asociación hermana OIKOS para que la FAdE encare la judicialización del peligro del fracking en la Cuenca Neuquina. Y así lo hicimos, junto al joven e idealista abogado Agustín Sánchez Mendoza, muy cerca de ser convertido en espeleólogo... Todo esto está siendo posible gracias a que la FAdE sigue siendo la única asociación espeleológica del país que mantiene su vigencia como persona jurídica en tanto rinde anualmente sus memorias y Balances y mantiene su inscripción ante las autoridades tributarias nacionales (AFIP). Dentro de la ley todo es posible; fuera de ella nada es duradero., ni siquiera la lucha.

El aporte del colega investigador Leslie Molerio León acerca de fórmulas científicas, que nos permiten abordar la problemática proteccionista socio-ambiental en general y espeleológica en particular, que es posible gracias a que estamos escapando de la lógica del amateurismo sin horizontes.

El medio académico es una de las potenciales víctimas del sistema político que se impuso en el país hace casi dos años, y es por eso que nuestras gestiones para llevar la enseñanza de la espeleología a las universidades, según anunciamos muchas veces, se ha paralizado, como el país todo. Estos tiempos se parecen a los comienzos del INAE, hace más de 25 años, cuando todo el contexto parecía desalentar toda actividad y a pesar de ellos el INAE siguió marcando el camino (a pesar de los ataques de algunos “colegas”), como lo sigue haciendo hoy. La resistencia a un medio hostil es lo que más enseña y más ayuda a crecer.

En este contexto de resistencia aparentemente pasiva, se profundizan los lazos con la comunidad catalana residente en el país, y el compromiso de colegas de esa nacionalidad de llevar a cabo proyectos conjuntos en la ciudad de Buenos Aires y en las zonas cordilleranas. Los colegas de Catalunya también están pasando por momentos difíciles, y es necesario entender que la verdadera solidaridad (tan cacareada como poco practicada) existe sólo entre quienes comparten el mismo sufrimiento. Siempre fue así, y esa es una fuerza contra la cual nadie puede, ni el tiempo. CARLOS BENEDETTO

Finalmente, no recibimos objeciones, por parte de la Dirección de Personas Jurídicas, a lo manifestado en nuestra Memoria anterior:

“Asimismo, la Dirección de Personas Jurídicas de Mendoza formuló observaciones respecto del expte. 1472/2016, donde se nos dice que no surge de nuestro registro de asociados a quiénes representan

los miembros, toda vez que, como federación, somos una entidad de segundo grado. Se sospecha que el señalamiento es producto de presiones de personas que provocaron desórdenes graves contra la FAdE en nuestro país y en el exterior en el año 2008, y al cierre de esta Memoria se estaba preparando una descarga en estos términos: *Es del caso aclarar que nuestra asociación tiene un estatuto (expte. 1061-F-00-00917 – fojas 121 a 131 que contempla no sólo la afiliación de personas jurídicas, sino también físicas, y que mediante descargo (Denuncia 5980 – Autos 6954-F-2008-N) contra la presentación de un ex presidente de esta asociación civil por supuestas irregularidades cometidas en una asamblea a la que no asistió, se aclaró la situación creada por esa actitud irresponsable de esta persona, que derivó en la casi extinción de nuestra asociación, ya que desde entonces contamos sólo con una persona jurídica (I.N.A.E.) y varias personas físicas. En virtud de ello, disentimos con la contadora Videla (autora del dictamen), y solicitamos revisar nuevamente el voluminoso informe de descargo del año 2008 al que se alude al principio, al tiempo que seguimos haciendo esfuerzos por incorporar asociados. Se adjunta autorización de delegados del I.N.A.E. a asamblea”.*

## Trabajos de campo y proyectos de investigación

### Espeleobiología

En la Memoria anterior se hacía mención a la resolución DRNR 1358/2016, que autorizaba a la continuación de los trabajos de colecta de opiliones en cavernas del sur mendocino junto al Dr. Luis Acosta (Universidad Nacional de Córdoba, Miembro Honorario FAdE), que había dado lugar a una visita a Cueva Doña Otilia, noviembre 2016, corroborándose la existencia de fauna endémica en dicha cavidad, según la hipótesis formulada por Acosta 2016 en nuestro V Congreso: *“El primer opilión troglobio (Arachnida, Opiliones) hallado en una caverna volcánica del oeste argentino. Acosta, Luis E. Instituto de Diversidad y Ecología Animal (CONICET-UNC) y Cátedra de Diversidad Animal I, Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba – ARGENTINA”.*

Se prevén nuevas visitas a las cuevas contempladas en la resolución aludida (Las Brujas, del Tigre, del Borne, Doña Otilia) a partir de mediados de febrero, y hubo entonces autorización de visitar Las Brujas junto al asociado Camilo Richard, ocasión en que se colectó más fauna y se tomó nota de las irregularidades que se siguen cometiendo en esa cavidad, ya que no poseía (no posee aún) un plan de manejo adecuado.

Los guardaparques nos atendieron con mucha amabilidad y verificamos que la DRNR no tiene el control de la cavidad, sino que el mismo está en manos de los guías de turismo.

Por esos días de febrero se sabía que había muerto otro turista en Las Brujas, debido a su edad y al sobreesfuerzo que significa llegar hasta la boca de acceso. De ambos hechos se publicaron artículos, pero también se formularon denuncias en los organismos respectivos, que pueden verse en:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/02/24/323-spell-323/>

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/03/10/324-spell-324/> y en el capítulo dedicado a problemas de protección y legislación.

Luego, en Semana Santa, tuvimos ocasión de visitar Cueva del Tigre y Cueva Doña Otilia, con el objetivo de tomar nuevas muestras en esta última, al amparo de la mencionada resolución, esta vez junto a los colegas catalanes Laura Vera y Christian Montoro, con quienes además hicimos la colecta de un nuevo ejemplar de opilión. Las muestras fueron retiradas, semanas después, de nuestro domicilio, por una persona enviada por el Dr. Acosta. No sabemos si el Dr. Acosta renovó el permiso de dicha resolución y estamos a la espera de su informe definitivo, para rendir cuenta a las autoridades. De esto se publicó un artículo en <https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/04/22/327-spell-327/>.

En la misma ocasión se hicieron exploraciones hipogeas en los yesos de Las Leñas y especialmente Cueva de los Tunduchos, como asimismo se visitó parte de la Payunia, aunque por el estado de los caminos no fue posible llegar hasta la provincia de La Pampa: <https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/04/12/vulcanoespeleologia-en-payunia/>

Estas prospecciones fueron la continuación de las iniciadas por Marc Angles, espeleólogo catalán) junto a nuestro vicepresidente Anibal Fernando Cuesta en cercanías de Las Lajas, con el objetivo de armar una expedición binacional que tenga como objetivo principal los tubos lávicos y los yesos del Jurásico en la Cuenca Neuquina. Sobre el particular, en octubre el presidente de la FAdE se reunió en Buenos Aires con el Dr. José Melendez Paredes (h), presidente del Casal de Catalunya, y luego en diciembre los espeleólogos Montoro y Vera también lo visitaron.

### Actividades académicas de la Dra. Marcela Peralta

En el V congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad, 19 al 22/9 en Las Grutas, Río Negro, la Dra. Marcela Peralta publicó el siguiente trabajo (pág. 265) en coautoría con la Lic. Fátima Romero:

### ***Invertebrados de ambientes dulceacuícolas subterráneos de Argentina ¿cuánto sabemos?***

***Peralta, Marcela Alejandra (Instituto de Invertebrados, Fundación M. Lillo);***

***Romero, Fátima (Instituto de Invertebrados, Fundación M. Lillo)***

*Las aguas subterráneas constituyen el 30% del agua dulce disponible en el planeta lo cual les confiere el carácter de "recurso estratégico". Los acuíferos son determinantes en el funcionamiento energético y preservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres. La fauna que habita en las aguas subterráneas es altamente vulnerable y su conocimiento es escaso a nivel global y particularmente incompleto en la región Neotropical. El objetivo de este trabajo es integrar el conocimiento sobre la fauna de invertebrados dulceacuícolas con afinidad por los ambientes subterráneos en Argentina y comparar la biodiversidad en tres tipos de hábitats: cavernas, zona intersticial hiporreica y acuíferos freáticos. Los datos provienen de colectas propias, material depositado en colecciones biológicas y recopilación bibliográfica. Los registros de fauna en cavernas corresponden a cavidades de Neuquén (Cueva del León, Sistema Cuchillo Cura), Mendoza (Cueva de los Cangrejos) y Salta (La Poma); nuestros datos sobre la fauna hiporreica provienen de muestreos en 24 cursos prístinos de aguas del noroeste y oeste de Argentina distribuidos entre las siguientes ecorregiones: Yungas, Monte y Pre-puna; a estos datos se añaden los registros propios y bibliográficos de fauna de acuíferos en pozos de agua del oeste de Córdoba, Rosario de Lerma-Salta y Allén-Río Negro. Se registraron en total 117 taxones; la mayor riqueza (73 taxones) corresponde al hábitat hiporreico que también presenta la mayor diversidad taxonómica. Entre los grupos más afines al medio subterráneo, la mayor proporción corresponde a los invertebrados No insectos y de éstos, solo los crustáceos peracáridos, cladóceros y copépodos Harpacticoida se encuentran en los tres tipos de hábitats mencionados. Existen en Argentina grupos de crustáceos y ácaros estigobiontes que por su carácter endémico y su larga historia evolutiva en las aguas subterráneas son interesantes desde el punto de vista paleobiogeográfico.*

*Palabras clave: Estigobiontes, Hiporreico, Acuífero, Cavernas, Macroinvertebrados, Endémico, Estigofilo*

Es de destacar asimismo, que la Dra. Marcela Peralta fue invitada a organizar un simposio en el Congresso Brasileiro de Zoologia (<http://www.cbz2018.com.br>), entre el 28 de febrero y el 6 de marzo de 2018, donde llevará trabajos con la puesta al día de los conocimientos espeleobiológicos en cavernas argentinas. Consideramos esta invitación como un reconocimiento al trabajo incansable de esta asociada, quien en este año 2017 perdió a su

padre, sufre la enfermedad de su hermano, pero al mismo tiempo se le asignó una responsabilidad jerárquica dentro de la Fundación Miguel Lillo.

### **Reconstrucciones paleoclimáticas en cavernas**

Este año no fue posible muestrear estalagmitas en cuevas calizas debido a problemas de salud de nuestro asociado George Brook, quien sin embargo nos informó que están en preparación 4 ponencias más de las ya existentes, sobre los muestreos realizados en las cavernas de Las Brujas (Mendoza) y Cuchillo Cura (Neuquén) entre 2010 y 2013.

Tampoco el gobierno neuquino respondió a nuestra solicitud de continuar los trabajos de muestreo realizados en marzo de 2013, y no hay ya esperanzas de que lo haga, dada la situación política que sufrimos en esa provincia: el Grupo Espeleológico Lajeño (GELa) se retiró de la Unión Argentina de espeleología, pero no quiere sumarse a la FAdE, y eso genera dificultades respecto de la necesidad de contar con colegas aliados en una provincia tradicionalmente hostil.

### **Exploraciones con espeleólogos italianos**

En febrero debió suspenderse la expedición conjunta con el Club Alpinístico Triestino (CAT) a cuevas de la Cuenca Neuquina, pero hacia fin del año se había acordado la visita del colega Giulio Cotechini (Gruppo Speleologico Pioraco – Al.VA.P., también colaborador del CAT), que se produciría en los primeros días de febrero, con la intención de coordinar un cronograma mínimo de exploraciones en Mendoza, Neuquén y La Pampa, sobre todo en cavernas basálticas y en yesos. Se avanzó en la idea de sumar a los colegas catalanes mencionados al principio, para que la expedición se haga en 2019 y que la misma sea trinacional, propuesta a la que adhirió el colega Christian Montoro, de esa nacionalidad.

### **Parque Espeleológico Poti Malal**

En noviembre nos llegó el rumor de que, como consecuencia de nuestro accionar legal en contra del fracking, la Dirección de Recursos Naturales Renovables habría aprobado el proyecto dictando una resolución.

Al momento de cierre de esta memoria no habíamos sido notificados. En caso de que se confirme dicho rumor, el proyecto y la resolución serán incluidos en nuestra revista ARGENTINA SUBTERRÁNEA, como anexo a esta memoria, que también será publicada en ese medio oficial.

## Legislación Espeleológica y Proteccionismo

No ha habido novedades en este rubro ni nuestra relación con la Asamblea Permanente por los Derechos Humanos (APDH), por conflictos internos y una crisis en el seno de dicha ONG, por lo que buscamos el auspicio de abogados residentes en Mendoza, con quienes establecimos además estrategias en común con respecto a otros problemas ambientales.

De esta manera confluimos con la iniciativa del Lic. Eduardo Sosa, que buscaba aliados para su estrategia de encarar “desde el llano” algunos conflictos ambientales. Así, se está trabajando en la judicialización de unos 20 problemas ambientales en Mendoza, incluyendo el estado de las áreas protegidas, como es el caso de Las Brujas

No hemos podido tampoco tomar contacto con el Lof a cargo del territorio donde se encuentra la Cueva del León Neuquén, aunque esperamos hacerlo antes de mediados de 2018, en ocasión de la visita de un sociólogo consultor de nacionalidad francesa, que por lo que hemos sabido, trabaja en la petrolera TOTAL S.A., lo cual ha generado un debate sobre si colaborar o no con su trabajo. Al cierre de esta memoria el debate no estaba cerrado.

En mayo se publicaron las denuncias a que dio lugar la muerte de un turista en Caverna de Las Brujas:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/05/04/nuevas-denuncias-de-la-fade/>.

Las mismas fueron reiteradas en junio:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/06/11/las-brujas-denuncias-fiscalia-y-legislatura-2017-1-2/> y fueron presentadas ante las comisiones de Derechos y Garantías de ambas cámaras legislativas provinciales de Mendoza, y ante la Fiscalía de Estado, y ante la falta de respuesta se entregaron todos los antecedentes al grupo de abogados que está trabajando en los temas relacionados con el fracking.

Los antecedentes de esas publicaciones pueden verse en  
Marzo:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/03/02/cuevas-en-riesgo-en-la-cuenca-neuquina/>

<http://www.sitioandino.com.ar/n/225791/>

<http://www.elsol.com.ar/nota/296373>

<http://mediamza.com/contenidos/131996>

<http://www.losandes.com.ar/article/un-turista-murio-cuando-visitaba-la-caverna-de-las-brujas-en-malargue>

<http://www.minutoya.com/25/02/2017/>

[turista-murio-en-la-caverna-de-las-brujas/](http://www.losandes.com.ar/article/muere-turista-santafesino-en-la-caverna-de-las-brujas)

[http://www.losandes.com.ar/article/muere-](http://www.losandes.com.ar/article/muere-turista-santafesino-en-la-caverna-de-las-brujas)

[turista-santafesino-en-la-caverna-de-las-brujas](http://www.losandes.com.ar/article/muere-turista-santafesino-en-la-caverna-de-las-brujas)

<http://www.malargueadiario.com.ar/fallecio->

[un-turista-en-caverna-de-las-brujas/](http://www.malargueadiario.com.ar/fallecio-un-turista-en-caverna-de-las-brujas/)

En la línea de acción antes descripta, en agosto, junto al Dr. Agustín Sánchez Mendoza (OIKOS), presentamos un amparo contra una resolución gubernamental que autoriza el fracking de manera ilegal:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/08/16/fracking-en-malargue/> (6 archivos), el cual fue aprobado y rechazado en 24 horas debido a presiones político-sindicales. La sentencia fue apelada ante la Suprema Corte Provincial y al finalizar el año aún no se habían producido novedades, salvo la audiencia realizada en Malargüe, donde pudimos corroborar que la FAdE es la ONG que llegó más lejos, en lo legal, respecto de este grave problema:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/12/23/audiencia-del-dia-de-los-inocentes-por-el-fracking/>

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/12/08/fracking-convocatoria-trucha/>

Hay muchas posibilidades de que la Suprema Corte de la provincia admita nuestro reclamo, según versiones circulantes en Tribunales de Mendoza, aunque seguimos teniendo dudas de que acepte nuestros argumentos, por lo que ya se está estudiando recurrir a la Corte Suprema de la Nación y a la Corte Interamericana de Derechos Humanos.

Asimismo, sobre este tema hemos publicado un artículo en LA MOSQUITERA del mes de octubre, mensuario de distribución gratuita en el norte provincial. La nota es reproducida en anexo.

Junto a otras ONGs ambientalistas, la FAdE también presentó reclamos escritos para que se constituya el Consejo Provincial del Ambiente, sin repuesta a la fecha:

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/09/21/fade-reclama-reunion-del-cpa-por-el-fracking/>

Otras publicaciones relacionadas con este tema pueden apreciarse en los distintos números de Sin Pelos en La Lengua ([www.sinpelos2011.wordpress.com](http://www.sinpelos2011.wordpress.com)) entre agosto y diciembre.

## Biodiversidad y espeleología:

Es de remarcar asimismo que durante el V congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad, 19 al 22/9 en Las Grutas, Río Negro, del cual participó la Dra. Marcela Peralta, se presentó una ponencia interesante que coincide ideológicamente con nuestras posturas lejanas de toda obsecuencia política:

***La conservación de la naturaleza como arena de acción política. Las áreas protegidas de Mendoza en clave sociológica***

***D'Amico, Paula (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Cuyo)***

*En esta ponencia se aborda el surgimiento de las áreas protegidas de Mendoza desde una perspectiva sociológica, con el objetivo de identificar los actores sociales y criterios que les dieron impulso. Las indagaciones que se vuelcan en este trabajo, forman parte de la tesis doctoral denominada "Entre la conservación de la naturaleza y el extractivismo. El caso del conflicto petrolero en la reserva laguna de Llanacanelo". A nivel local, estas singulares configuraciones territoriales, no han constituido un objeto de investigación para las ciencias sociales, lo que contrasta con las notables contribuciones provenientes de las ciencias naturales. Así, dada la escasez de antecedentes directos, se trabaja, principalmente, con fuentes de información primaria -entrevistas a diversos informantes claves. Los resultados señalan que durante la primera etapa, que abarca desde la creación de la primera reserva (Ñacuñán, en 1961) hasta fines de los años noventa, los espacios protegidos se erigieron principalmente sobre criterios de orden científico, en base a un trabajo conjunto entre el gobierno provincial, -la Dirección de Recursos Naturales Renovables-, y un organismo de ciencia y técnica, -el Instituto de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA). Sin embargo, a partir de los 2000, se abre un período distinto, en el cual el enfoque científico pierde relevancia, y comienzan a primar criterios de orden sociopolítico. Es decir, las reservas se activan, o se desactivan, para contener la emergencia de conflictos asociados al avance de actividades extractivas, poniendo en el centro de la escena a comunidades locales y gobiernos municipales. Ello sugiere que las áreas protegidas de Mendoza, especialmente en los últimos años, pueden ser abordadas como arenas de acción política y objetos de disputas. Además del Estado y la comunidad científica, se involucran otros actores sociales que diversifican los criterios que las impulsan o desalientan.*

*Palabras clave: Conservación de la naturaleza, Acción política, Áreas protegidas, Mendoza*

Sobre esto último, hemos establecido contacto con la autora, le hemos ofrecido nuestra cooperación y el ofrecimiento ha sido recíproco, por lo que esperamos avanzar en el medio académico por esta vía en los temas relacionados con Caverna de Las Brujas.

Sobre ello es de remarcar que nos enteramos de que la consultora privada NEO AMBIENTAL finalizó su propuesta de Plan de Manejo de Las Brujas, pero que el mismo está retenido por la directora de la DRNR Ing. Mabel Chambouleyron sin

girarlo al IADIZA (Instituto Argentino de Investigaciones en las Zonas Áridas) por razones de recelos político-ideológicos. Tampoco ha sido sometido a consideración pública mediante audiencia, lo que fortalece nuestras sospechas de irregularidades.

Hacia fin de año, y a instancias de la Dra. Marcela Peralta, intervinimos públicamente en el problema de la persecución contra el ex titular del IANIGLA (Instituto Argentino de Nivología y Glaciología) adhiriendo a los reclamos de cese de dicha persecución, los cuales están recopilados en

<https://sinpelos2011.wordpress.com/2017/12/08/persecucion-a-cientificos-del-ianigla/>

Es de recordar que el IANIGLA es el organismo a cargo del Inventario Nacional de Glaciares, donde trabaja nuestro asociado Dr. Darío Trombotto

## **Enseñanza de la Espeleología y profesionalización**

Hasta el momento no prosperó el proyecto de creación de una diplomatura en Espeleología en la Universidad Nacional de Cuyo, que iba a ponerse en marcha en el mes de agosto, según el decano de la F. de filosofía y Letras. Por lo que estuvimos averiguando, ha habido muchas reuniones académicas por otros motivos, entre otros el proceso de desfinanciación de la educación en los últimos años. Pero no hemos podido comprobarlo. En 2018 insistiremos en el tema.

Tampoco avanzaron las gestiones para proyecto similar en la Universidad Nacional de San Luis. Pero se ha establecido nuevo contacto con un geólogo de la Universidad Nacional de San Juan y una espeleóloga de esa provincia que regresó luego de más de 15 años de ausencia del país, y abrigamos las esperanzas de avanzar en esa provincia, más contando, en adelante, con la colaboración de nuestro ex vicepresidente Federico Soria.

En octubre el presidente de la FAdE se reunió con el presidente del Casal de Catalunya en Buenos Aires, para discutir la posibilidad de dictar seminarios en dicha institución, a fin de formar nuevos espeleólogos y sumarlos a los proyectos mencionados en otro capítulo de esta Memoria. Los mismos contarían con el apoyo de la Universidad Nacional de 3 de Febrero, y se había organizado un primer seminario para el mes de diciembre, pero por imperio del conflicto político existente entre Catalunya y España.

## **Relaciones con organismos espeleológicos internacionales**

La Unión Internacional de Espeleología (UIS) realizó, a mediados de año, su nuevo congreso

cuatrienal en Sidney, Australia, y no nos fue posible asistir. No asistió ningún otro argentino aunque, como en otras oportunidades, algún miembro del bureau ejecutivo representó a la Argentina, con el apoyo de la Unión Argentina de Espeleología, UAE. Se sabe que esto es ilegítimo, en tanto constituye una intromisión del organismo ejecutivo en los asuntos internos de sus países, y al mismo tiempos nos corrobora lo que dijimos antes: la UIS prioriza los temas políticos por encima de los técnico-científicos. Se comentó luego la baja asistencia y la designación (nuevamente) de dos directivos latinoamericanos responsables directos de la disolución de la FEALC – Federación Espeleológica de América Latina y del Caribe: Efraín Mercado (Puerto Rico) y Nivaldo Colzato (Brasil). Lo político también llegó allí, pero eso no molesta, ya que seguimos siendo la única asociación espeleológica que consiguió la designación de un directivo de la UIS: [http://uis-speleo.org/index.php?](http://uis-speleo.org/index.php?opti-)

[opti-on=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=382](http://uis-speleo.org/index.php?opti-on=com_content&view=article&id=66&Itemid=382). Si algún día hubiera otro argentino en ese espacio, eso no quitaría a la FAdE el mérito histórico de haber sido la primera. LA UAE fue reconocida “políticamente” pero no se verifica trabajo alguno de ellos en las comisiones de la UIS

Este año falleció el Dr. Giovanni Badino (secretario adjunto UIS en el momento de su muerte) conocido investigador miembro de la asociación La Venta, pero que ha tenido problemas con autoridades ambientales argentinas luego de infracciones cometidas en sus expediciones a nuestra Patagonia. Siendo un excelente científico, Giovanni Badino nunca fue respetuoso de las “soberanías espeleológicas” en los países de nuestra región. Para el caso argentino, nunca reconoció a nuestra Federación, sino que prefirió elegir, como acompañantes, a personas desconocidas, sin curriculum espeleológico, o asociaciones sin vigencia jurídica.

De nuestra parte, mantenemos nuestra condición de colaboradores de las comisiones de Cavidades Volcánicas y de Bibliografía, a pesar de que no podamos asistir a los simposios bianuales de la primera. Somos nosotros quienes publicamos la Enciclopedia Espeleológica de la UIS: <https://sinpelos2011.files.wordpress.com/2017/06/enciclopedia-espeleo.pdf>.

Por otra parte, nuestra inserción en la espeleología internacional es más que suficiente, según lo relatado a lo largo de nuestra memoria. La condición de pertenecer a algún organismo internacional nunca ha aportado soluciones a los problemas de nuestro patrimonio espeleológico y sólo sirve para la autopromoción personal de algunos individuos que nunca aportaron nada significativo al progreso de nuestras ciencias.

Como todos los años, la FAdE elegirá a sus representantes ante la UIS y ese tema es abierto a otras asociaciones para facilitar el consenso en un

marco de legalidad, aunque sabemos que no seremos admitidos. Hasta el momento, ninguna asociación colega ha respondido a nuestras invitaciones a las asambleas anuales. La UIS, a la fecha parece reconocer como representantes a la UAE, que nunca nos invitó a una asamblea como nosotros sí hicimos con ellos. Obviamente, la UAE no nos representa debido a sus prácticas autoritarias y sectarias, que datan desde su creación en 2009.

Pero lo importante de esto es remarcar que, históricamente, la UIS se ha abstenido de participar en los problemas políticos internos de un país y ha convocado al diálogo entre las partes litigantes para que, en caso de haber dos federaciones en un mismo país. En este caso, la UIS rompió su tradición dialoguista, optando por un sectarismo insuflado por las mismas personas autoras de la destrucción de la FEALC. Lamentamos esto, y mucho más lamentamos que las autoridades públicas sigan creyendo en esas personas, producto de su ignorancia, y en algunos casos producto de la corrupción. Pero sabemos que estas prácticas no serán duraderas, ya que se sostienen en dádivas y prebendas recíprocas, que suelen tener corta vida.

## Publicaciones

En tiempo y forma hemos publicado la revista semestral ARGENTINA SUBTERRANEA.

[h t t p s : / / sinpelos2011.wordpress.com/2017/11/07/42-argentina-subterranea-42/](http://sinpelos2011.wordpress.com/2017/11/07/42-argentina-subterranea-42/)

[h t t p s : / / sinpelos2011.wordpress.com/2017/05/04/41-argentina-subterranea-41/](http://sinpelos2011.wordpress.com/2017/05/04/41-argentina-subterranea-41/)

Hemos acordado con la Dra. Marcela Peralta que el informe presentado en el año 2010 al gobierno de Salta proponiendo un plan de manejo para la Caverna Puente del Diablo – La Poma, Salta, y dado que nunca se nos dio respuesta, sea publicado en forma actualizada en la ARGENTINA SUBTERRANEA

Nro. 43, en forma total o parcial, según la voluntad de los distintos autores.

Hemos notado el creciente desuso de los grupos virtuales Yahoo, no sólo en el país, sino también en otros países con los que tenemos relaciones. Tal está ocurriendo con nuestros grupos **eco\_espeleo** y **ulespeleo**. Paulatinamente las comunicaciones están siendo reemplazadas por nuestro espacio en Facebook: <https://www.facebook.com/groups/872559679540283/>.

La web [www.fade.org.ar](http://www.fade.org.ar) ya lleva tres años de retraso, debido a que no podemos pagar los servicios de un webmaster, por lo que estamos usando el mencionado grupo abierto de Facebook como asimismo [www.sinpelos2011.wordpress.com](http://www.sinpelos2011.wordpress.com).

Esta Memoria consta de 15 páginas, incluyen- Asamblea General Ordinaria 2018.  
do un anexo y se somete a la misma a consideración  
del Consejo Directivo y de los asociados reunidos en **Malargüe, diciembre 2017 / enero de 2018.-**



GOBIERNO DE MENDOZA  
Secretaría de Ambiente y  
Ordenamiento  
Dirección de Recursos Naturales Renovables



Mendoza,

14 NOV 2017

RESOLUCIÓN N°: **1485**

Visto, la Nota N° 345-D-16-77306, por la cual el Sr. Carlos Benedetto DNI N° 10.231.266, Espeleólogo, inscripto en el registro de espeleólogos de la provincia bajo el N° 03 a través de la Resolución 558/02 DRNR y la Federación Argentina de Espeleología (FAE) tiene número de Registro N° 02 a través de la resolución N° 559/02 DRNR, solicita la autorización para realizar trabajos de campo en el Valle de Poti Malal y zonas cercanas a la futura represa de Portezuelo del viento, Malargüe, Mendoza, a fin de fortalecer una propuesta de creación del "Parque Espeleológico Poti Malal"; y

**CONSIDERANDO:**

Que, la Dirección de Recursos Naturales Renovables es autoridad de aplicación de la ley N° 5978 en su art. 9°, la cual tiene por objeto establecer las normas que regirán para las cavidades naturales provinciales y sus ambientes silvestres, estableciendo en su Art. 4°- "Todo material geológico, biológico, arqueológico, paleontológico y/o aquellos no especificados en la presente ley y de su medio epigeo o hipogeo, que sea de interés de estudio por organismos calificados deberá ser solicitado a la autoridad de aplicación, quien otorgará la autorización en un plazo perentorio estipulado";

Que, a fs. 37 obra la Resolución N° 750/2001 de la Dirección de Personas Jurídicas, por la cual se aprueba el estatuto de la Federación Argentina de Espeleología.

Que a fs. 62/84 inclusive obra Curriculum Vitae del Señor Carlos Benedetto.



GOBIERNO DE MENDOZA  
Secretaría de Ambiente y  
Ordenamiento  
Dirección de Recursos Naturales Renovables

Mendoza,

14 NOV 2017



RESOLUCIÓN N°: **1485**

Que, las actividades presentadas aportarán datos valiosos ya que el Valle de Poti Malal contiene cavernas en yeso del Jurásico y cavidades que conforman un verdadero Parque Natural;

Que, el espeleólogo deberá actuar conforme a las leyes N° 5978 en materia de Cavidades Naturales, Resolución N° 410/02 DRNR, a la Ley Nacional N° 22.421 y Provincial N° 4602 y N° 7308 en materia de Fauna Silvestre, Decreto Reglamentario N° 1890/05 y a la Ley Nacional N° 13.273 y Provincial N° 2088 en materia de Flora Nativa y será responsable de su cumplimiento.

Que, la actividad se enmarca en lo dispuesto en la Ley N° 5978 en sus artículos 3° y 4°;

Por ello, y en uso de sus atribuciones y las conferidas por las leyes vigentes:

**LA DIRECTORA**

**DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**R E S U E L V E:**

ARTÍCULO 1°: .Autorícese al Sr. Carlos Benedetto DNI N° 10.231.266 y a su equipo de técnicos de campo que se detallan en el Art. 2°, a realizar trabajos de relevamiento y posicionamiento espeleológico en la Caverna Doña Palmira, Caverna Federación, Caverna Sima de Leiva, Caverna San Agustín y Caverna Miranda, Valle de Poti Malal y zonas cercanas a la futura represa de Portezuelo del Viento, que consiste esencialmente en: Georeferenciación de cuevas nuevas, a ambos márgenes del Río Poti Malal y en ambos márgenes del Río Grande donde se construirá la futura represa Portezuelo del Viento,

731



GOBIERNO DE MENDOZA  
Secretaría de Ambiente y  
Ordenamiento  
Dirección de Recursos Naturales Renovables



Notificado el 28/2/2018  
Mendoza, 14 NOV 2017

RESOLUCIÓN N°: **1485**

Topografía, por el término de un (1) año, a partir de su notificación.

ARTÍCULO 2°: El equipo de trabajo está integrado por las siguientes personas:

José Fernando Castro	DNI. N° 27.036.127
Joel Andrés Aguilera	DNI. N° 32.295.747
Camilo Richard	DNI N° 18.061.819
Gisela Verna	DNI N° 34.443.780
Anibal Fernando Cuesta	DNI N° 24.369.174
Paula Galindo	DNI N° 31.307.998
Renzo Portioli	DNI N° 16.882.836
Renzo Portioli San Luis	DNI N° 36.746.218
Marcela Peralta	DNI N° 17.791.001
Ivanna Bustos	DNI N° 14.779.978

ARTÍCULO 3°: En acuerdo a lo solicitado a fojas 1, donde se expresa que no se realizarán muestreos entre ellos biológicos, ni arqueológicos, no se autoriza las actividades de detección y manipulación de fauna cavernícola, ni de yacimientos arqueológicos.

ARTÍCULO 4°: Designese responsable ante la Dirección de Recursos Naturales Renovables de los trabajos de georeferenciación y actividades asociadas al Sr. Carlos Benedetto DNI N° 10.231.266.



GOBIERNO DE MENDOZA  
Secretaría de Ambiente y  
Ordenamiento  
Dirección de Recursos Naturales Renovables



Mendoza, 14 NOV 2017.

RESOLUCIÓN N°: **1485**

ARTÍCULO 5°: Las disposiciones contenidas en la Resolución N° 1243/12 DRNR son de observación obligatoria para los beneficiarios de los permisos. En caso de incumplimiento, la o las personas autorizadas quedarán inhabilitadas para realizar cualquier otra actividad dentro de la jurisdicción de la Dirección de Recursos Naturales Renovables.

ARTÍCULO 6°: Los técnicos y ayudantes de campo deberán presentar a la Dirección de Recursos Naturales Renovables de Mendoza lo siguiente:

- Informe de novedades, este se requerirá en casos en que el grupo de trabajo detecte durante el desarrollo de sus actividades evidencias que ameriten ser comunicadas a la autoridad de aplicación para su intervención.
- Informe de resultados, que se deberá entregar en la DRNR, una vez concluido el plazo de vigencia de la autorización. En el mismo se solicita incluir recomendaciones que el grupo de trabajo considera necesarias elevar a conocimiento de la DRNR.

ARTÍCULO 7°: Los informes se deberán presentar en idioma español y en formato digital a la siguiente dirección `investigadores-anp@mendoza.gov.ar`, de los resultados trabajos realizados, para ser adjuntados a la pieza administrativa que da origen al trámite de otorgamiento de la autorización y remisión de copias al Área a cargo de Espeleología y a la Dirección de Recursos Naturales Renovables de la Provincia.

Ing. MABEL CHAMBOLEYRON  
DIRECTORA  
DIRECCION DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES



GOBIERNO DE MENDOZA  
Secretaría de Ambiente y  
Ordenamiento  
Dirección de Recursos Naturales Renovables



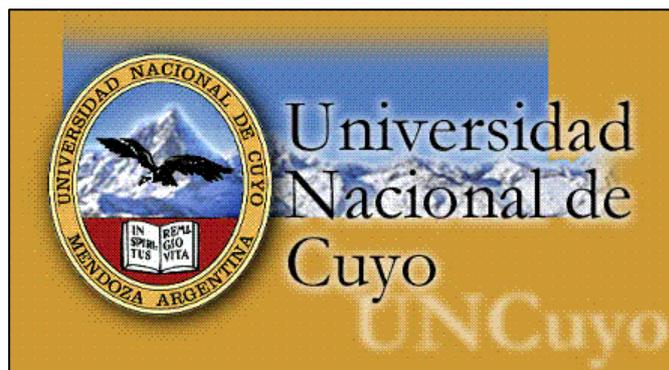
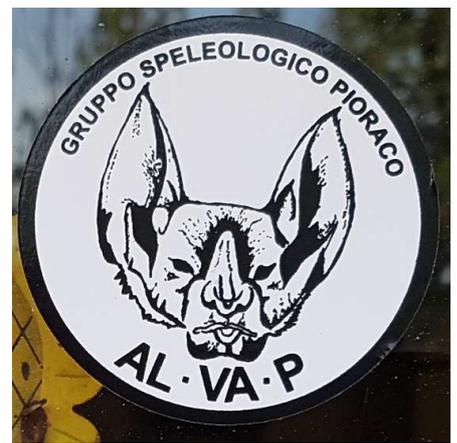
Mendoza, 14 NOV 2017

RESOLUCIÓN N°: 1485

ARTÍCULO 8°: La falta en la entrega del Informe de Resultados e Informe Final será causa suficiente para que al responsable del proyecto no se le expidan nuevas autorizaciones, ya sea para la continuación de los trabajos autorizados previamente, o para nuevas campañas en cualquier lugar del territorio de la Provincia de Mendoza.

ARTÍCULO 9°: Notifíquese, comuníquese a quienes corresponda y archívese.-

Ing. MABEL CHAMBOLEYRON  
DIRECTORA  
DIRECCION DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES





# Observaciones Biológicas de Caverna de Puente del Diablo, La Poma, Salta, ARGENTINA

**Dra. Marcela Peralta, Lic. Fatima Romero, Gpques. Gonzalo Cristófani**

## **Resumen**

*La exploración e investigaciones biológicas desarrolladas en la Caverna Puente del Diablo y sus alrededores han dado como resultado, entre otros, los aportes expuestos a continuación. En primer lugar se trata del informe titulado Observaciones Biológicas de Caverna de Puente del Diablo, La Poma, Salta, Argentina, Autores: Marcela Peralta (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina) y Gonzalo Cristófani (Tec. Univ. Admin. Áreas Protegidas. Ministerio de Ambiente. Provincia de Salta, Argentina). Dicho informe fue presentado el 23 de noviembre de 2009 al Sr. Javier Arias, Jefe Programa de Desarrollo Municipal Ministerio de Turismo y Cultura de Salta, como parte de la "Propuesta para el Plan de Manejo de la Caverna Puente del Diablo, La Poma – Salta – Argentina". A continuación se presenta un resumen de la investigación desarrollada por biólogos y técnicos de la Fundación Miguel Lillo y que fue presentado en el 7º Congreso Argentino de Limnología (CAL 7) que se llevó a cabo entre el 21 y el 25 agosto de 2016, en S. M. de Tucumán, titulado Invertebrados acuáticos en la Caverna Puente del Diablo y alrededores (La Loma –Salta), Autores: Marcela Peralta y Fátima Romero (Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina). Cabe mencionar que el trabajo de campo que involucraron los estudios mencionados, no hubieran sido posibles sin el apoyo del personal del Sistema Provincial de Áreas protegidas de la Provincia de Salta.*

## **Summary**

*The exploration and biological investigations carried out in the Cavern Puente del Diablo and its surroundings have resulted, among others, in the contributions described below. First of all it is the report titled Biological Observations of the Devil's Bridge Cavern, La Poma, Salta, Argentina, Authors: Marcela Peralta (Miguel Lillo Foundation, Tucumán, Argentina) and Gonzalo Cristófani (Tec. Univ. Admin. Protected Areas. Ministry of Environment, Province of Salta, Argentina). Said report was presented on November 23, 2009 to Mr. Javier Arias, Chief of the Municipal Development Program Ministry of Tourism and Culture of Salta, as part of the Proposal for the Management Plan of the Devil's Bridge Cavern, La Poma - Salta - Argentina."Below is a summary of the research developed by biologists and technicians of the Miguel Lillo Foundation and presented at the 7th Argentine Conference on Limnology (CAL 7), which took place between August 21 and 25, 2016, in SM de Tucumán, entitled Aquatic Invertebrates in the Devil's Bridge and surroundings (La Loma-Salta), Authors: Marcela Peralta and Fátima Romero (Miguel Lillo Foundation, Tucumán, Argentina). It is worth mentioning that the field work involved in the aforementioned studies would not have been possible without the support of the staff of the Provincial System of Protected Areas of the Province of Salta.*

## **Introducción**

La fauna subterránea es poco conocida a nivel mundial principalmente debido a que los habitats subterráneos son de difícil o nulo acceso. Las cavernas, independientemente de su naturaleza geológica, comúnmente albergan una comunidad biótica particular con organismos adaptados a soportar condiciones especiales tales como la absoluta oscuridad.

Las especies estrictamente dependientes y exclusivas del medio hipogeo, son llamadas troglobias (terrestres) o estigobias (acuáticas).

¿Qué las hace especiales? Desde el punto de vista evolutivo, estas especies po-

seen una serie de rasgos adaptativos (morfológicos, fisiológicos y de comportamiento) exclusivos, que les permiten soportar las condiciones ambientales especiales del medio subterráneo, tales como la permanente oscuridad. Entre estos rasgos podemos recalcar la baja tasa reproductiva y metabólica en general de las especies subterráneas.

Otro aspecto a remarcar, es que los organismos estrictamente subterráneos son buenos monitores biogeográficos para reconstrucciones históricas de antiguas conexiones continentales. Esto se debe a que en general son representantes de grupos relictuales, de antiguo origen que poseen escasa o nula capacidad de dispersión activa, a su

alto grado de endemismo y a sus distribuciones geográficas que son en general altamente restringidas. Dichos rasgos también determinan que las especies troglóbias y estigobias sean muy vulnerables a cualquier perturbación ambiental. En general todos los ecosistemas subterráneos tienen poca capacidad para volver a las condiciones originales luego de un disturbio, particularmente en el aspecto faunístico y en especial por la pobre reproducción de los organismos troglóbios y estigobios.

### **Visita a Puente del Diablo. Generalidades y Observaciones biológicas**

En el marco del curso de espeleología dictado en la provincia de Salta, se concretó una visita a la caverna de Puente del Diablo, La Poma, Salta durante los días 10 y 11 de

octubre de 2009. Esta caverna, ubicada en 24°46'10.75"S y 66°11'14.58"O, se formó frente a los volcanes Los Gemelos, sobre el río Calchaquí y se encuentra en el límite sur del área protegida de jurisdicción provincial, "Monumento Natural Abra del Acay" (ley provincial 6808/95).

El terreno donde se desarrolla la caverna tiene un horizonte calcáreo (dolomítico) y sobre él, estratos de areniscas cementadas (Carabelli et. al., 2000). La cavidad se ha formado por la acción erosiva del río Calchaquí a lo largo de por lo menos 32.000 años (Bazán et al., 2008). El río en este tramo tiene dirección Norte-Sur y corre en el fondo de un cañadón. Para llegar desde el estacionamiento hasta el puente que constituye la parte exterior del techo de la cavidad, se debe descender aproximadamente 115 m (ver Fig. 1). Para acceder a la boca de entrada norte de la caverna, es necesario continuar un descenso de aproximadamente otros 14 m desde este puente y por la ladera oeste hasta llegar al curso del río que se encuentra en el fondo del cañadón.

En este sector el río Calchaquí recibe la constante afluencia de material de arrastre (sedimentos) no solo desde las nacientes

(río arriba), sino también desde el cordón montañoso donde se encuentran los volcanes, acarreando año tras año más material piroclástico (pomez) y muchos sedimentos de lavas, cenizas y demás materiales dejados por las erupciones.

La caverna se encuentra en el ambiente de prepuna por lo que en los alrededores de la cavidad se observa una estepa arbustiva principalmente xerófila con abundancia de cardones y jarillas. Las escasas precipitaciones que se registran en la zona alcanzan un promedio anual de entre 100 y 200 mm. A pesar de estas escasas precipitaciones, el río Calchaquí es un curso de agua permanente por los aportes de los deshielos provenientes del Nevado del Acay (5716 m). La época de máximo caudal del río Calchaquí en el tramo que circula por el interior de la caverna, abarca desde el mes de enero hasta abril aproximadamente, por lo cual está expresamente prohibido ingresar a la caverna en ese período. La distribución altitudinal del clima y la vegetación, son factores importantes en relación a la colonización del ambiente subterráneo y en especial en este ecosistema de altura donde el factor humedad es determinante.

Toda la caverna se extiende sobre un tramo de aproximadamente 111 m del río Calchaquí, por lo cual, en esta época del año (octubre), el modo más fácil de acceder a la caverna es por el cauce del río que, en ese tramo, se encuentra encajonado. En horas de la tarde (16 hs. aproximadamente) del día 10 de octubre, cuando se concretó la visita a la cavidad, se registraron altas temperaturas y una fuerte insolación por lo que al ingresar a la caverna la temperatura del agua osciló alrededor de los 19° C. Cabe mencionar el desarrollo permanente de corrientes de aire que alcanzan fuerte intensidad y que atraviesan por completo la caverna. Como en toda caverna, en Puente del Diablo se percibe un microclima diferente al del ambiente epigeo, por lo menos sin la gran amplitud térmica diaria de la superficie.

Desde el punto de vista biológico, según la incidencia de la luz solar, es posible

diferenciar en la caverna una zona de penumbra y una afótica (permanentemente oscura). Nuestro recorrido fue en dirección norte-sur e incluyó toda la zona de penumbra y sólo el primer tramo del sector afótico. En todo el recorrido fue constante el goteo de agua saturada que se infiltra desde los estratos superiores y que cae por el techo y las paredes de la caverna. Por la gran cantidad de sedimentos y materia orgánica que se deposita en las paredes y el techo de la cavidad, es evidente que la caverna está sujeta a inundaciones periódicas, lo que se confirmó con los testimonios de lugareños. En distintos sectores de la cavidad es posible diferenciar al menos 2 subniveles superiores, no inundados, los que parecen ser empleados como sitios de nidificación por parte de aves (pato de los torrentes?).

La entrada de materia orgánica en este ecosistema es a partir del material transportado principalmente por el agua del río (se han observado matas de algas en el sector afótico), por el agua de filtración, por el viento y por la gravedad, a lo que se suma la actividad de la fauna troglóxena (o estigoxena) y troglófila (o estigófila) (ej. peces, cangrejos, hormigas y aves) que suele ingresar a la cavidad. Excepto en las galerías fósiles y aisladas del nivel superior, la disponibilidad de oxígeno no parece ser un factor limitante en el interior de la cavidad por la constante circulación de aire.

Aunque los habitats subterráneos están divididos en acuáticos y terrestre, ambos constituyen el ecosistema subterráneo. En lo que se refiere a biota acuática, mediante el muestrador Surber se ha podido observar la fauna de macroinvertebrados bentónicos (=fauna del fondo del río) en la zona de entrada de la caverna. Hemos constatado la presencia de distintos estadios larvales de Ephemeroptera, distintas especies de Diptera (Chironomidae y Simuliidae) y de Coleoptera, así como también de ácaros acuáticos. A lo largo de todo el recorrido por este tramo del río, hay numerosos ejemplares de *Aegla* sp. (Crustacea) (Fig. 2) que se agrupan principalmente en la zona de remansos del río, tanto en la zona de penumbra como en la

zona afótica. En estas zonas de remanso el sustrato del fondo del río es grava media a fina con abundante sedimento no consolidado que favorece la acumulación de materia orgánica particulada fina. Según los registros del material depositado en la colección de crustáceos de la Fundación Miguel Lillo, la especie de *Aegla* observada podría corresponder a *A. ringueleti* Bond-Buckup & Buckup 1994, que se ha descrito originalmente a partir de ejemplares colectados en la localidad de Cachi, provincia de Salta. En la orilla del río, sobre las piedras, se ha observado numerosos ejemplares predados de *Aegla* (en posición ventral y sin el abdomen) (Fig. 3) que parecen ser presas de aves (pato de los torrentes, biguá, remolinera?).

Se observaron matas de algas filamentosas aisladas y escasas que fueron arrastradas por la corriente a la zona afótica de la caverna. En la zona de penumbra hay grupos de algas y musgos en las paredes laterales permanentemente húmedas por el agua de filtración desde los niveles superiores (Fig. 5)

**Fauna terrestre:** en todo el recorrido realizado se observan telas de arañas y ejemplares adultos de dípteros Tipulidae (Fig. 6) y Ephidridae (Fig. 4) (material en estudio por investigadores de la Univ. Nac. de Tucumán-CONICET). Los dípteros son comunes en las cavernas pero raramente son considerados verdaderos troglobios (Oromí & Martín, 1992). Sólo en las zonas donde penetra la luz se observaron ejemplares de hormigas.

**Antecedentes:** A estas observaciones biológicas llevadas a cabo durante nuestra visita de octubre/2009 podemos añadir los datos de colectas de fauna de setiembre de 1999 reportadas por Carabelli *et al.*, 2000 que comprenden a arañas (Linyphiidae), hormigas (Formicidae), moscas (Muscidae) y ácaros (Oribatidae).

En cuanto a indicios de colonización de la cavidad por parte de vertebrados, se ha reportado el hallazgo de un nido de ave remolinera castaña (*Cinclodes atacamensis*,

Furnariidae) en la zona de penumbra a 40 mts. de la salida de la caverna (boca sur).

Otro antecedente a tener en cuenta es la introducción de peces salmónidos exóticos que se inició en el río Calchaquí hace aproximadamente 20 años, con siembras constantes de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). La última siembra en la zona corresponde a 4 años atrás. La presencia de este salmónido, en extremo depredador, ha causado cambios en la composición de la comunidad faunística del río. Como ejemplo, citamos la desaparición de la "ranita verde" (*Hyla pulchella*, Hylidae), según los relatan los pobladores de La Poma.

De la recopilación de antecedentes y registros históricos de material biológico depositado en las colecciones de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina surge que la fauna acuática intersticial de invertebrados (menor a 2 mm de largo) del hiporreico del Río Calchaquí a la altura de La Poma, comprende una rica comunidad de copépodos Cyclopoida (Crustacea), nemátodos, oligoquetos y diversas formas larvales de insectos bentónicos (principalmente Diptera). También cabe mencionar que en colectas de invertebrados acuáticos realizadas en ese tramo del río Calchaquí en años anteriores, se han capturado ejemplares de anfípodos *Hyalella* (Crustacea), no observados durante la visita de octubre/2009.

### Consideraciones finales

Aún desconocemos la flora y fauna de Puente del Diablo. No se ha realizado un relevamiento biológico integral de este ecosistema tan particular.

Es necesario un estudio de impacto ambiental que permita establecer la factibilidad y los parámetros precisos de una explotación turística a futuro de la caverna (capacidad de carga, cómo minimizar los efectos negativos para la biota, etc.), como lo remarcaran Carabelli y colaboradores ya en el año 2000. A cerca de los ítems necesarios para desarrollar un estudio de Impacto

Ambiental en cuevas, y solo a modo de guía, sería útil tener como referencia el texto sobre "Evaluación de la Calidad Ambiental de las cuevas" y "Monitoreo de Variables Ambientales" detallados en el suplemento "El Mundo Subterráneo" publicado en el 2004 por la Escuela Nacional de Espeleología de Cuba, pionera en estudios de cavernas.

Las cavernas, desde el punto de vista ecológico, son ecosistemas simplificados y su biota proporciona elementos singulares para estudios ecológicos y evolutivos. Como los periodos de inundaciones son aparentemente anuales, se debería estudiar la colonización periódica de la cavidad por parte de la fauna de invertebrados y vertebrados terrestres entre periodos (estacionales?) de inundaciones. En esta caverna, las paredes y el techo de sus pasajes sufren un proceso muy activo de reajuste físico-químico los cuales modifican permanentemente la conformación física del hábitat y cambia la naturaleza del sustrato el cual es poblado por invertebrados y microorganismos. Estos cambios deben estudiarse periódicamente y en todas las escalas, pues tanto la morfología de las grandes salas como la de las pequeñas hendiduras y pasajes de la caverna, son determinantes de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, renovación del aire, disponibilidad de alimento, etc). Todos estos parámetros ambientales tienen implicancia en la ecología subterránea pero además, en Puente del Diablo se podría también poner énfasis en el efecto de la química del agua de filtración sobre la fauna.

Otro aspecto interesante de analizar, es la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Calchaquí. Sería factible establecer si los particulares rasgos ambientales del sector afótico de la cavidad, se refleja en un cambio en la composición de la comunidad bentónica del río. Esto se establece simplemente por comparación entre la fauna bentónica antes de la caverna y en distintos tramos de la zona afótica. En relación a la introducción de especies exóticas, recientemente se han publicado un estudio sobre el impacto que

causa la trucha arcoiris sobre las comunidades de invertebrados acuáticos en ríos montañosos del noroeste argentino (Molineri, 2008). Los resultados de esta investigación alertan sobre la menor abundancia de invertebrados acuáticos en los sitios con truchas. Por lo tanto sería interesante establecer en el río Calchaquí si existen diferencias en la estructura de la comunidad de invertebrados acuáticos del sector afótico (dentro de la cavidad), en zonas aledañas (fuera de la cavidad) donde abunda la trucha arcoiris y en arroyos próximos sin truchas. Para la toma de muestra se requiere colectar la fauna de invertebrados del río y estudiar el contenido estomacal de los peces.

También, como fuera mencionado anteriormente, en el bentos del río en la entrada a la caverna se han observado taxones (como Ephemeroptera) que son usualmente empleados como bioindicadores para establecer la calidad del agua. Por lo tanto se podría medir la calidad de agua en distintos tramos del río Calchaquí, incluido Puente del Diablo.

A pesar que en esta oportunidad nuestras observaciones fueron insuficientes, cabe mencionar que en este sector del río Calchaquí alrededor de Puente del Diablo, no encontramos ejemplares de crustáceos acuáticos del género *Hyaella* (Amphipoda) que en años anteriores estaban ampliamente distribuidos entre la vegetación en los márgenes del río (material depositado en la colección de la Fundación Miguel Lillo).

**Para remarcar:** Las cavernas, como otros ecosistemas subterráneos, son particularmente vulnerables a cualquier disturbio que afecte los parámetros biótico y abiótico. La protección de la biota implica tanto medidas directas de protección de la fauna (evitar la introducción de especies, prohibir la caza y pesca, etc.) como también medidas de protección del hábitat. Con respecto a este último punto, Puente del Diablo es un ecosistema particularmente frágil. Desde el punto de vista biológico, entre las actividades humanas que podrían afectar a la comunidad biótica subterránea, mencionamos la intro-

ducción de especies exóticas, los cambios producidos por erosión en superficie y el excesivo turismo. La afluencia de visitantes provocaría, entre otras perturbaciones, el aumento de la turbidez del agua y cambios de otros parámetros ambientales dentro y en los alrededores de la cavidad, alteración del hábitat elegido por ciertas aves para nidificar, etc.

Para cualquier tipo de manejo en las cavernas, debemos tener en cuenta su poca capacidad para volver a las condiciones originales luego de un disturbio. Además cabe aclarar que no es válido generalizar las soluciones para los problemas ambientales en todas las cavernas ya que las pautas aplicadas en una cavidad quizás no sean válidas para otra.

Entre los objetivos del Sistema Provincial de Áreas Protegidas (SiPAP) se menciona que se deben propiciar tareas de preservación y de investigación científica de los ecosistemas y hábitats que alberguen especies silvestres autóctonas, endémicas, raras y amenazadas. Tal es el caso de la comunidad biótica de Puente del Diablo. Teniendo en cuenta que aún se desconocen rasgos importantes como la diversidad biológica de la caverna, la existencia de troglobios o estigobios endémicos y la dinámica de este ecosistema, es aconsejable que se inicien estudios de relevamiento de fauna, ecológicos y biogeográficos antes de habilitar la caverna para el turismo convencional, al menos en la zona afótica de la cavidad. La Universidad Nacional de Salta cuenta con profesionales biólogos idóneos que podrían llevar a cabo al menos los estudios generales de relevamiento biológico y de ciertos parámetros ambientales (como los rasgos físico-químicos del agua) de Puente del Diablo y si fuera necesario, otros especialistas podrían abocarse al estudio de algunos taxones en particular.

A efectos de dar a conocer la preocupación de todo el personal abocado al cuidado de los visitantes y del ambiente natural de la caverna Puente del Diablo y sus alrededores, debemos tener en cuenta las recomendaciones para visitar la zona:

1) No ingresar a la caverna entre Diciembre y Abril (meses lluviosos)

2) No ingresar sin Guía

3) Dirigirse a la municipalidad de La Poma para solicitar guía

4) Prohibido extraer piedras pómez

(Recomendaciones aportadas por el guardaparques Gonzalo Cristófani)



G. Cristófani

### Referencias:

-Bazán, C.; J. P. López; L. I. Bellos. 2008. La Poma, Salta: patrimonio geológico. Resumen. Jornada. II Jornada Geológica. Dirección de Geología. Fundación Miguel Lillo. Fundación Miguel Lillo.

-Carabelli, L.; R. Vergara; S. Silva y E. F. Lipps. 2000. Puente del Diablo, La Poma Salta. Caverna formada por el Río Calchaquí. 1° Congreso Nacional Argentino de Espeleología, Malargüe, Mendoza.

-Molineri, C. 2008. Impact of the rainbow trout on aquatic invertebrate communities in subtropical mountain streams of northwest Argentina. *Ecología Austral* 18: 101-117.

-Oromí, P. & J. L. Martín. 1992. The Canary Islands. Subterranean fauna, characterization and composition. En: Camacho, A.I. (Ed.), *The natural history of biospeleology*. C.S.I.C., Madrid, pp. 527-567.

-Sociedad Espeleológica de Cuba. 2004. En: "Universidad Para Todos, Suplemento Especial: El mundo Subterráneo". Grupo de Edición Editorial Academia. 32 pp.

hace aproximadamente 32.000 años con una longitud de 111 m. Para determinar la diversidad de la comunidad de invertebrados acuáticos en este tramo y cómo influye sobre ellos la presencia de la caverna, se seleccionaron 3 estaciones sobre el río Calchaquí: antes del ingreso a la caverna (RC1), en la zona oscura dentro de la caverna (RC2) y río abajo a 3 km de la caverna (RC3). En cada sitio se tomaron 4 muestras de

fauna bentónica mediante red Surber (300 µm) mientras la fauna hiporreica fue colectada con el método de Karaman-Chappuis con red de 100 µm (RC1 y RC3) y por remoción de la infauna (RC3). Además en todos los sitios se hicieron mediciones de pH, temperatura del agua y conductividad.

Se identificaron 50 morfoespecies de invertebrados acuáticos. Las larvas de insectos representaron el 51 % del total de la fauna y la mayor riqueza se registró en RC2. La fauna intersticial hiporreica en todo el tramo estudiado está conformada por estadios larvales iniciales de insectos y otros invertebrados. Según las variables medidas, las aguas son alcalinas (pH>7) y la conductividad, oxígeno disuelto y sólidos totales aumentan río abajo de la caverna. La presencia de la caverna por lo tanto produce una modificación tanto en la química del agua como en las comunidades acuáticas que manifestaron un cambio en la dominancia de algunos grupos entre los puntos ubicados afuera con el de adentro.

Trabajo presentado en el 7° Congreso Argentino de Limnología (CAL 7) entre el 21-25 agosto de 2016, S. M. de Tucumán.

## INVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA CAVERNA PUENTE DEL DIABLO Y ALREDEDORES (LA POMA –SALTA)

**Peralta M. (1) y F. Romero (1)**  
**Fundación Miguel Lillo, Instituto de Invertebrados**

El río Calchaquí atraviesa la Caverna del Puente del Diablo formada por la acción erosiva del río

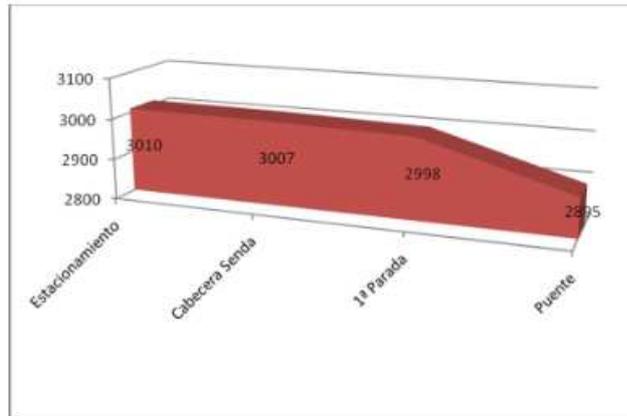
### BIBLIOGRAFÍA

Carabelli, L.; R. Vergara; S. Silva y E. Lipps. 2000. Puente del Diablo, La Poma Salta. Caverna formada por el Río Calchaquí. Actas I Congreso Nacional Argentino de Espeleología. Malargüe, Mendoza.

Domínguez, E. y H. R. Fernández (Eds). 2009. Macroinvertebrados Acuáticos Sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 654 pp.

Lopretto, E. y G. Tels (Eds). 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones del Sur, La Plata. 1401 pp.

Piethé, R. D. Diversidad Espeleogenética en las Cavernas Argentinas. 2009. En: Actas del XII Congreso Colombiano de Geología, Septiembre de 2009, Paipa- Boyacá



**1: Perfil**



**2: *Aegla* sp.**



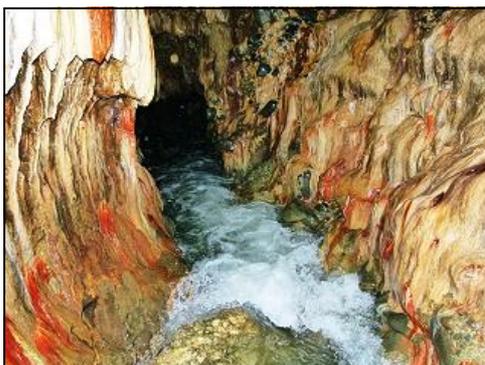
**3: *Aegla* sp. predada**



**4: Ephidridae**

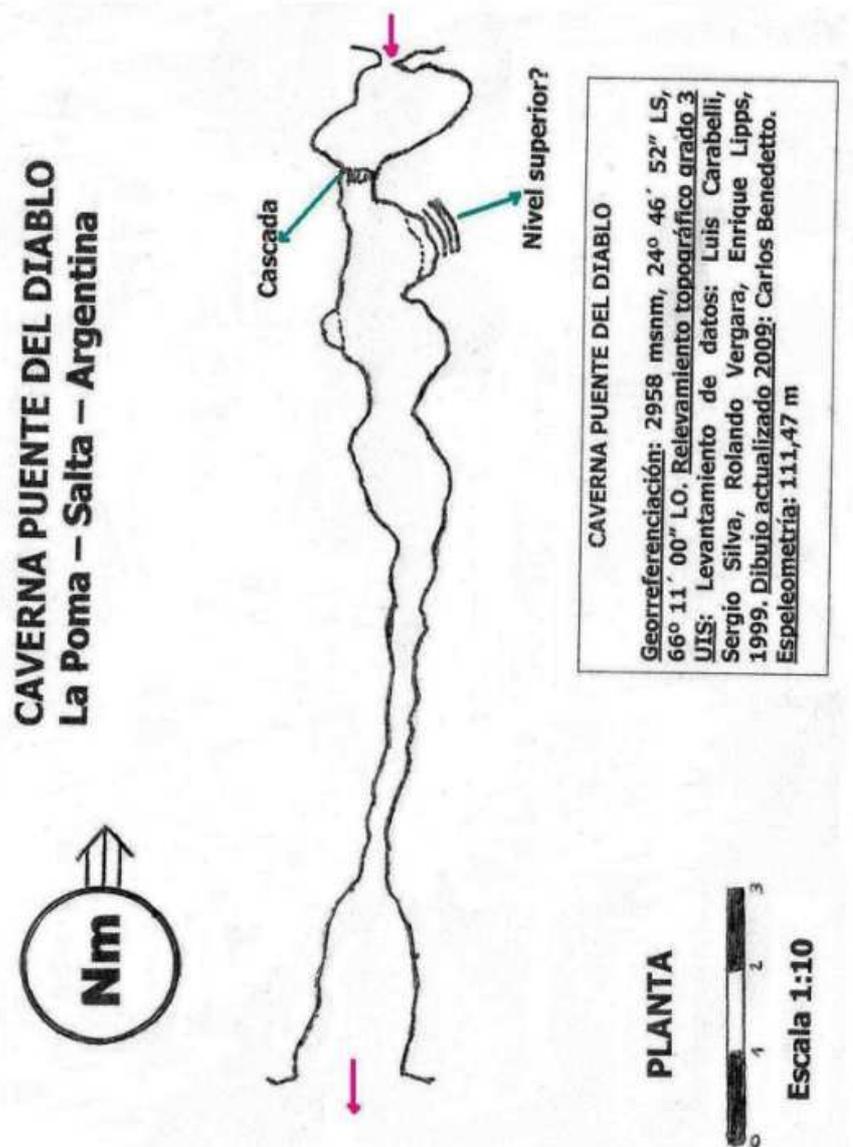


**5: Algas**





6: Tipulidae



# Fauna de Cavernas y Otros Ambientes Dulceacuícolas Subterráneos de Argentina ¿Cuánto Sa- bemos?

Dra. Marcela Peralta  
Fundación Miguel Lillo—Tucumán  
Federación Argentina de Espeleología

## **Resumen:**

*Durante el XXXII Congreso Brasileiro de Zoología (Foz do Igualcu, 25 de febrero al 2 de marzo de 2018) se desarrolló el "III Simpósio de Biología Subterrânea – o que sabemos e o desafio da efetiva conservação de habitats subterrâneos na América Latina" organizado por María Elina Bichuette. En dicho Simposio se expuso el trabajo "Fauna de Cavernas y Otros Ambientes Dulceacuícolas Subterráneos de Argentina ¿Cuánto Sabemos?". La autora sostiene que la inaccesibilidad de los habitats subterráneos en general, hace que gran parte de la fauna hipogea permanezca aún desconocida. A mediados del siglo pasado, científicos extranjeros descubrieron las primeras especies estigobias (exclusivas de ambientes subterráneos) en territorio nacional. Posteriormente, grupo locales exploraron distintos tipos de habitats y profundizaron el conocimiento de la fauna subterránea de acuíferos, habitats intersticiales hiporreicos y cavernas del centro, oeste y noroeste argentino. La revisión de publicaciones científicas al respecto, sumada a la información proveniente de informes técnicos y material depositado en colecciones biológicas, nos permitieron elaborar un inventario preliminar de invertebrados estigobios de Argentina que comprende 54 especies de artrópodos (Acari y Crustacea). Es posible reconocer, en nuestro país, áreas de endemismo de especies estigobias, de particular significancia debido al carácter relictual de esta fauna.*

## **Summary:**

*During the 31st Brazilian Congress of Zoology (Foz do Iguaçu, February 25 to March 2, 2018), the "III Symposium on Biology of Subterranean Science - or that we know about the challenge of conserving underground habitats in Latin America" was organized by María Elina Bichuette. In this Symposium the work was exposed "Fauna of Caverns and Other Underwater Environments of Argentina How Much Do We Know?". The author argues that the inaccessibility of subterranean habitats in general means that a large part of the hypogean fauna remains unknown. In the middle of the last century, foreign scientists discovered the first Stygian species (exclusive of environments underground) in national territory. Subsequently, local groups explored different types of habitats and deepened the knowledge of aquiferous subterranean fauna, interstitial hyporreic habitats and caverns of central, western and northwestern Argentina. The review of scientific publications in this regard, added to the information from technical reports and material deposited in biological collections, allowed us to prepare a preliminary inventory of estuarine invertebrates from Argentina that includes 54 species of arthropods (Acari and Crustacea). It is possible to recognize, in our country, areas of endemism of Stygian species, of particular significance due to the relict nature of this fauna.*

Las otras exposiciones del Simposio fueron:

\*1. Historico da Espeleobiologia na América do Sul – Espaço e Tempo e a Biota Subterrânea  
Apresentadora: Maria Elina Bichuette Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, SP\*

\*2. Diversidade e sistemática dos opiliões troglóbios da América do Sul: estado da arte e perspectivas\*

\* Apresentador: Abel Perez Gonzalez Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MACN-CONICET), Buenos Aires, Argentina\*

\*3. Estudos ecológicos em ambientes subterrâneos na América do Sul – dados comparáveis? Apresentadora: Tamires Zepon Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, SP\*

\*4. Distinção Taxonômica e lacunas de conhecimento para ambientes subterrâneos brasileiros – uma abordagem aplicada à conservação  
Apresentador: Jonas Eduardo Gallão Universidade de São Paulo, campus Ribeirão Preto, SP\*

\*5. A visão molecular da biodiversidade cavernícola  
Apresentador: Guilherme Oliveira Instituto Tecnológico Vale, Belém, PA\*

\*6. Mineração e conservação de relictos subterrâneos: Influência da paisagem sobre as comunidades de troglóbios de cavernas ferruginosas  
Apresentador: Rodolfo Jaffé Ribbi Instituto Tecnológico Vale, Belém, PA\*

\*7. Diversidade da biota cavernícola da Colômbia  
Apresentador: César A. Castellanos-Morales Universidad Industrial de Santander, Escuela de Biología, Bucaramanga, Colombia\*

Al finalizar el Simposio se desarrollaron las exposiciones orales de trabajos de investigación sobre ambientes subterráneos.

Como corolario del Simposio, se está avanzando en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas subterráneos en algunos países sudamericanos. El problema es que, al comparar los re-

sultados de dichos estudios, los datos no resultan comparables. En muchos casos los muestreos son insuficientes (la mayoría sin réplicas) y en general no es posible determinar la verdadera influencia de los factores externos.

En Brasil, emprendimientos privados mineros han llevado a cabo **estudios ambientales previos a la explotación, en cavernas, con tecnología de avanzada que llegan incluso a mapear la conectividad subterránea y a obtener una gran cantidad de datos genómicos de las comunidades dentro y fuera de las cavidades. Estos estudios concluyen que tiene más sentido proteger "áreas subterráneas" que proteger cavernas aisladas.** Es por ello que, dado el carácter de alta fragilidad de las cavernas, la presión de la minería, el avance de la deforestación y el gran desconocimiento básico sobre la biología propia, hace que debemos trabajar en forma más coordinada entre los bioespeleólogos para proteger estos ecosistemas.



# SUBSIDENCIA ASOCIADA AL CAMPO DE DEFORMACIÓN DE GALERÍAS SUBTERRÁNEAS: EL HUNDIMIENTO DE LA ESCUELA LA INMACULADA, ZARUMA, ECUADOR

L.F. Molerio-León

Consultor en Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos

INVERSIONES GAMMA, S.A. (Cuba-Ecuador)

[especialistaprincipal@gmail.com](mailto:especialistaprincipal@gmail.com)

## Resumen

*La ciudad de Zaruma, en el sur de Ecuador, ha venido experimentando hundimientos sistemáticos del terreno, edificaciones, viales y obras de todo tipo asociados a un manejo deficiente y poco efectivo de la excavación y fortificación de galerías mineras para extracción de oro bajo el centro histórico de la ciudad. Este artículo resume los resultados de la aplicación de los modelos geomecánicos clásicos de Terzaghi, Protodyakonov y Schmidt al hundimiento de la Escuela La Inmaculada en un ejercicio de ingeniería inversa que demuestra que el hundimiento era previsible y evitable.*

## Palabras Clave

Zaruma, Ecuador, minería, oro, galerías subterráneas, subsidencia, colapso de túneles

## Abstract

*The historic center of the city of Zaruma, South Ecuador has been experiencing systematic land, buildings, roads and subsidence and all kinds of civil works due to a poor and ineffective management of the excavation and fortification of gold mining galleries. This paper summarizes the results of the application of the classic geomechanical models of Terzaghi, Protodyakonov and Schmidt to the collapse of the School La Inmaculada in a reverse engineering exercise that shows that the collapse was foreseeable and avoidable.*

## Key words

Zaruma, Ecuador, minería, oro, galerías subterráneas, subsidencia, colapso de túneles

## ANTECEDENTES

La ciudad de Zaruma (Fig. 1), en el sur de Ecuador, ha venido experimentando hundimientos sistemáticos del terreno, edificaciones, viales y obras de todo tipo. Zaruma, cuyo nombre oficial es el de “Villa del Cerro de Oro de San Antonio de Zaruma”, es una ciudad patrimonial de Ecuador, fundada por los españoles en 1595, y es la cabecera del cantón homónimo, situado al sureste de la provincia costera de El Oro. En 1990, el Ministerio de Educación y Cultura de Ecuador la declaró Patrimonio Cultural del Estado Ecuatoriano.

La ciudad se asienta en un ramal de los Andes conocido como la Cordillera Vizcaya, donde la explotación del oro es ancestral. Zaruma y Portovelo fueron, en su momento, el centro de la explotación minera del país y desde allí partieron miles de cargamentos de oro hacia Europa durante la colonia. Aún se explotan minerales en esta ciudad, cuyo mayor perjuicio hasta hace un tiempo se había centrado en la contaminación de sus ríos y acuíferos, cuyas aguas usan para 'lavar' y decantar el material pétreo en busca de oro y, más recientemente, el hundimiento (subsidencia) del terreno, sobre todo en el casco histórico.

Esto último es una consecuencia de la excavación de galerías a diferentes niveles (unas ilegales, otras informales y aún otras perfectamente legales), pero, en cualquier caso, sin el debido reforzamiento o fortificación de sus galerías que se extienden por un intrincado sistema de túneles de variada sección desde pocos metros bajo las calles de la ciudad hasta más de 150 metros de profundidad. No aparece claramente que se hayan hecho estudios rigurosos acerca de la distribución del campo de esfuerzos en los frentes de excavación y se hayan adoptado las medidas adecuadas de sostenimiento. Las buenas prácticas del diseño geotécnico y constructivas de las excavaciones se basan en el control de las deformaciones y los esfuerzos que genera el macizo rocoso, para garantizar la estabilidad de un túnel desde que inicia su excavación, y la forma de lograr la estabilidad, se hace a través de la combinación de sostenimiento y refuerzo (Calderón, 2013).



Fig. 1. Mapa de localización.

Torres y Zambrano (2012) resumen el problema definiendo la subsidencia “como el hundimiento del suelo debido a las excavaciones de galerías, túneles, extracciones mineras o a la extracción de agua subterránea, lo cual ocasiona una pérdida en el volumen del suelo”. Como añaden, los movimientos del suelo en superficie ocasionados por la construcción de un túnel, dependen de la profundidad de la clave del túnel, las condiciones geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas del terreno, la geometría del túnel y el método de construcción empleado (Leca, 2007, citado por Torres y Zambrano, 2012).

La excavación de galerías subterráneas da lugar al surgimiento de esfuerzos de tracción que deforman las rocas en correspondencia con sus propiedades físico-mecánicas y sus indicadores geomecánicos. Bajo determinadas condiciones, tales deformaciones provocarán el desprendimiento de la clave y desplazamientos laterales de las paredes. Existe un tiempo limitado para que la excavación soporte el peso de la roca suprayacente y no colapse sin que medie sostenimiento o fortificación alguna de la galería, lo que depende del estado tensional del macizo y de sus propiedades físico-mecánicas. Tal revestimiento (total o parcial), que también depende del tipo de obra que se trate se destina a contrarrestar la presión de la roca deformable: es decir a la **presión de roca** (presión genuina de montaña, según otros autores). En principio, la presión de roca ( $P$ ) equivale al producto del espesor de roca sobre la clave del túnel o galería ( $H$ ) y la densidad de la roca ( $\gamma$ ):

$$P = H\gamma$$

Pero, además, otros factores influyen en la carga total que representa esta presión de roca, y son las siguientes (Gordón, 2015):

- propiedades geomecánicas de la roca
- reología e hidrogeología
- forma y dimensiones de la sección transversal de excavación

- ubicación del eje de trazado
- tiempo transcurrido desde la conclusión de la excavación hasta ejecución del revestimiento.

El más espectacular de todos los hundimientos en Zaruma hasta ahora, ha sido el de la Escuela La Inmaculada, en la que el 2 de enero de 2017 se registró un hundimiento inicial, de 250 metros de diámetro, 15 de ancho y 13 de profundidad. Luego hubo otro el 19 de febrero en el mismo sector y nuevamente el relleno de material que se colocó en el socavón junto a la escuela se volvió a hundir el 1 de marzo y, en octubre del 2017, el bulbo de presiones se descompensó y provocó otro hundimiento (Figs. 2 y 3). En otros casos, como el del Hospital Humberto Molina ya fue necesario evacuar a los hospitalizados. También estructuras importantes, como la Piscina Municipal de Zaruma, el Patronato y el Dispensario del Instituto Ecuatoriano de Seguro Social (IESS) se encuentran amenazadas. Recientemente, en febrero de 2018, se denunció que la Casa de la Cultura está sufriendo agrietamiento de las paredes y resquebrajaduras en general en la mitad del edificio. Al momento actual la escuela, en pleno centro histórico, ha sido demolida, pero los problemas persisten en el casco histórico de la ciudad.



**Fig. 2. Vista aérea del Hundimiento de la Escuela La Inmaculada (El Comercio, Martes, 21 de febrero, 2017)**



**Fig. 3. Cimientos y estructura civil de la Escuela La Inmaculada, colapsada por el proceso de subsidencia (Archivo del autor)**

Las aproximaciones para la solución del problema por parte de las autoridades ecuatorianas han considerado la fortificación de taludes con cemento, pernos y malla metálica, levantamiento de micropilotes para sostener las edificaciones colindantes, pilotes de Caisson y muros que cubren el perímetro<sup>1</sup>. Se han realizado estudios geofísicos, geotécnicos algunos de los cuales son públicos (Pesantes y Carrión, s/f; SGR, 2017a; 2017b). El [sitio http://inigemeccuador.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c406453b0a014d84abe40918eb11e32b](http://inigemeccuador.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c406453b0a014d84abe40918eb11e32b) permite acceder a alguna información del INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN GEÓLOGO MINERO METALÚRGICO de Ecuador respecto al tema de los hundimientos en Zaruma.

Hasta donde ha sido publicado, la praxis desarrollada para la prevención y solución de la subsidencia inducida por las labores mineras obvia un grupo de factores geomecánicos y estructurales o ha considerado otros que, a mediano plazo, resultan inoperantes (Molerio, 2017).

El autor desarrolló una evaluación totalmente independiente del territorio y, en particular, de la zona del hundimiento de la Escuela La Inmaculada, extensivo a otros sitios vulnerables de la zona del casco histórico y los alrededores de la ciudad de Zaruma. Parte de los resultados de ese ejercicio analítico de la estructura del campo de deformaciones asociada a la excavación subterránea se presenta en este artículo.

### **RECONOCIMIENTOS**

A las autoridades locales: Alcalde Ing. Jhansy López y su asesor, Ing. Felipe Romero. A los señores Dúnquer Carrión y Tito L. Castillo, vecinos de la Villa de Zaruma por sus amables atenciones. Al ing. Paul Sotomayor, quien nos introdujo en la problemática general de la subsidencia local en Zaruma y los fenómenos físico geológicos pendientes de resolver en la vecina ciudad de Piñas. A su familia en Piñas, que nos acogió con gran amabilidad. Y a

<sup>1</sup> <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-sur/1/en-zaruma-el-socavon-se-llevo-consigo-el-empleo-y-el-turismo>

nuestros compañeros de INVERSIONES GAMMA, S.A. con quienes compartimos algunas jornadas de campo en el área: Carlos Aldana, Evelio Balado, Hermes Farfán y César Núñez. A Ana, mi compañera, quien participó en todas las campañas de campo y gabinete.

### **PROBLEMAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS**

El Hundimiento de la Escuela La Inmaculada alcanzó unas dimensiones, según reportes públicos y mencionada anteriormente, de 13 metros de profundidad y 15 de diámetro. La bóveda de la galería principal, de acuerdo con las inspecciones visuales y las galerías accesorias identificadas por tomografía y radargramas (SGR, 2017a) se encuentra a unos siete (7) metros de profundidad. Esa distancia, a todas luces, es muy pequeña para lograr estabilidad natural del arco de la bóveda.

La simetría de las dimensiones sugiere, de inmediato, que el fallo se produjo por alivio de esfuerzos de una galería nada o deficientemente reforzada en la que se manifestó, claramente, el “efecto silo” que dio fundamento a las clásicas teorías de hundimiento propuestas por Terzaghi (1936, 1939, 1943, 1946) y Terzaghi y Peck (1948) sobre estabilidad de túneles. Los resultados obtenidos en nuestro estudio confirman que se trata de un caso tipo y sencillo de este efecto en las rocas arcillosas en el punto del hundimiento, ajustado perfectamente a los principios de Terzaghi (1936, 1939, 1943, 1946) y también de Protodyakonov (1960a, 1960b) en rocas suaves. Por ello se hizo innecesario abordar con mayor detalle el tema de la estabilidad del frente y el análisis de distribución de las presiones a aplicar (o que se debieron aplicar) en la excavación.

Bajo cualquier condición y en cualquier medio rocoso, la excavación de galerías subterráneas debe tener en cuenta los siguientes aspectos, ninguno de ellos superfluo y todos incluyentes y vinculantes:

1. La deformación tridimensional que se produce en el macizo rocoso al alterarse el estado tensional de las rocas por la propia excavación.
2. La profundidad de la excavación.
3. El estado de agrietamiento de las rocas, su coherencia y sus propiedades físico mecánicas; sobre todo aquellas que cuantifican el peso del material sobre la clave de la galería; es decir, sobre la bóveda.
4. Los empujes laterales; sobre todo en rocas no consolidadas o en arcillas.
5. La estabilidad transversal.
6. La estabilidad en el frente de excavación.
7. La necesidad de colocar revestimiento, fortificación o reforzamiento y sus indicadores de diseño.

Entre los aspectos más significativos a considerar en una evaluación de este tipo están los siguientes (Alcaide Alonso, 2011):

- La identificación de la estabilidad de la sección transversal de la galería subterránea y el tiempo que puede permanecer sin fortificación
- La capacidad del revestimiento para soportar las tensiones finales remanentes que actúan tras el alivio o relajación de las tensiones iniciales del macizo luego de la excavación.
- La estabilidad del frente de excavación, problema mucho más complejo que los anteriores, ya que la absoluta mayoría de los colapsos ocurren debido a la inestabilidad del frente (Chambon y Forte, 1977, 1997). La inestabilidad dorsal no será considerada específicamente en este artículo, pero debe tenerse en cuenta que tanto ésta como la inestabilidad frontal son consecuencia de presiones de trabajo inadecuadas.

No existe información pública respecto a si la excavación fue realizada por una empresa legalmente establecida, o si fue realizada por mineros independientes legales o informales, o ambos. En el primer caso, un análisis del proyecto de excavación hubiese complementado el análisis geomecánico del problema y proceder con modelos matemáticos más precisos. Para garantizar la estabilidad de la obra, además se deben tener en cuenta estos aspectos: □

- Características geotécnicas del terreno en el frente, sobre la clave del túnel y bajo solera.
- Presencia de agua.
- Presencia de edificaciones o estructuras próximas. Estado y sensibilidad de las mismas.

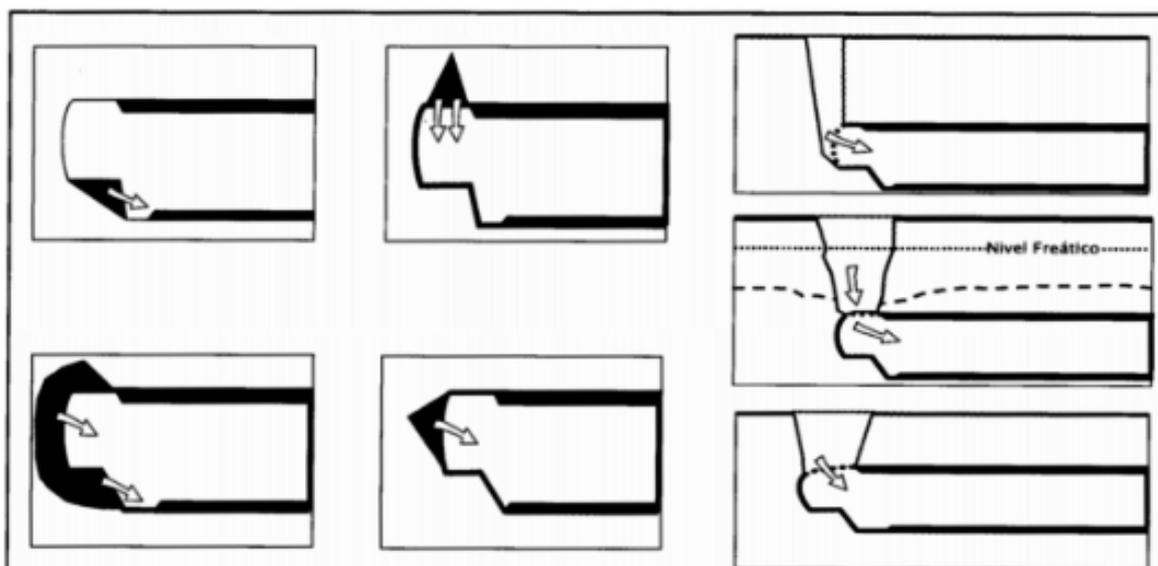
La singularidad del Hundimiento de La Inmaculada es que se ha producido por una galería amplia, a muy poca profundidad bajo las edificaciones en el centro histórico, en un macizo de rocas arcillosas intemperizadas, con débiles propiedades geotécnicas y probablemente también afectado por drenaje pluvial (ya que el primer socavón se produjo luego de un aguacero).

Perturbaciones adicionales están asociadas a que Zaruma se encuentra en una zona sismogénica activa, lo que añade un factor adicional nada desdeñable en los proyectos de desarrollo minero local y regional. Las excavaciones subterráneas en este tipo de material son comunes y existe una amplia literatura publicada que permite diseñar el régimen de excavación, los sostenimientos y fortificaciones y minimizar los peligros de subsidencia en el terreno como resultado de la remoción de material bajo tierra y prever los asientos y problemas de estabilidad que puedan presentarse en el proceso de excavación, remoción y reforzamiento (Broms y Bennermark, 1967; Roscoe y Burland, 1968; Peck, 1969; Atkinson, 1977; Chambon y Forte, 1977; Davis, Mair, Seneviratne, 1980; Clough y Schmidt, 1981; Rankin, 1987; Baumann y Schwarz, 1997; Chambon y Forte 1997; Sternath y Baumann, 1997; Lee, Nam y Ahn, 2003; Yanga, Liua y Wangb, 2004; Ong et al., 2007; Yong y Chung, 2007). A ellos pueden sumarse lo estudios particulares sobre asentamientos y subsidencia de Leca y Panet (1988); Leca y Dormineaux (1990); Leca (2007) y de Hisatake (2011).

#### **EL CAMPO DE DEFORMACIONES: BASES TEÓRICAS Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

En el caso del Hundimiento de La Inmaculada, un aspecto importante que incrementa la amenaza geológica fue que la excavación se desarrolló en un medio arcilloso; es decir, en rocas blandas intemperizadas, con muy baja capacidad de autosustentación. La presencia de materiales arcillosos y arenosos es un elemento que siempre conspira contra la estabilidad de la obra y obliga a tomar las precauciones ingenieras adecuadas (Széchy, 1981).

La Fig. 4 muestra los distintos tipos de rotura debidos al colapso del frente de excavación (Meylis, 2004). El caso del socavón parece ser del tipo de rotura de la bóveda por falta de sostenimiento y alivio de presiones y su simetría se ajusta perfectamente al modelo de silo ya mencionado.



**Fig. 4. Formas de rotura por colapso del frente. De arriba abajo y de izquierda a derecha: rotura de la destroza en el avance, rotura de la bóveda, rotura total del frente, rotura parcial del frente, rotura por colapso de la bóveda, rotura por falta de recubrimiento bajo el nivel de las aguas subterráneas, rotura por falta de recubrimiento (según Meylis, 2004)**

La presión en el frente de excavación tiene que contrarrestar la presión vertical en la clave de la galería. Esto es un principio básico pero que debe tener en cuenta que la calculada es, casi siempre, inferior a la real. Alcaide Alonso (2011) provee, en su tesis, una excelente aproximación metodológica al tema. Este autor resume los procedimientos de cálculo en cuatro grupos: a saber:

- Métodos clásicos.
- Métodos basados en la estabilidad de cuñas y bloques.
- Métodos basados en el análisis límite y en ensayos a escala reducida.
- Métodos basados en modelos numéricos.

En este artículo se abordarán los métodos clásicos de Terzaghi (1936, 1939, 1943, 1946) y de Protodyakonov (1960a, 1960b) en tanto representan dos extremos del análisis: los de Terzaghi, basados en el “efecto silo”, que ha constituido la base de prácticamente todos los métodos de cálculo desde que fuera enunciado por Janssen en 1895 (*non vide, fide Széchy, 1981*), **en el que interviene la profundidad del túnel** y el de Protodyakonov (1960a, 1960b) **que no tiene en cuenta la profundidad del túnel** para calcular el campo de tensiones sobre la galería.

#### **EL ENTORNO DEL HUNDIMIENTO**

La información básica ha sido tomada de los reportes SGR (2017a; 2017b), y se refiere básicamente a la información geofísica derivada de sus estudios en el terreno y resultados de análisis geotécnico de laboratorio. Para el ejercicio analítico que constituye este artículo, esa data fue complementada con las observaciones del autor en el terreno completadas con algunos valores geotécnicos tomados de la literatura o de zonas análogas o del archivo del autor.

El entorno inmediato (Fig. 5) al Hundimiento La Inmaculada según SGR (2017b), *“...determinó que la zona donde se produjo el hundimiento, desde la superficie hasta unos 20 metros, está compuesto de suelos arcillosos de color rojo, con valores de cohesión altos y susceptibles a saturación por la alta capacidad para retener agua, modificando las propiedades físico mecánicas”*. Y añade: *“por otro lado a profundidad se evidencia la acción de las labores mineras que han sido desarrolladas hasta llegar a niveles cercanos de la superficie, y estas labores mineras (galerías y cámaras), se han dejado sin relleno, lo que hace que el material de superficie tienda a fluir por estos espacios vacíos que se prolongan hacia la profundidad”*... *“Posteriormente se realizaron pruebas in-situ para la evaluación de*

la cohesión del material con el cono dinámico que nos dio como resultado un valor de cohesión de  $0.19 \text{ Kg/cm}^2$  con la fórmula de Hunt, y  $0.54 \text{ Kg/cm}^2$ .



Fig. 5. Corte de las arcillas de cobertura en el sitio del Hundimiento La Inmaculada (foto SGR, 2017b)

#### MÉTODO DE TERZAGHI Y EFECTO SILO

El efecto silo parte (Fig. 6) del modelo conceptual natural en el que en un silo que almacena material granular el campo de tensión vertical no aumenta linealmente con la profundidad. Esta tensión, por el contrario, es menor debido a la fricción (rozamiento) del material con las paredes del silo y, en correspondencia, el alivio de tensiones provoca un arco de descarga apoyado en las paredes de la estructura (Fig. 7).

Las condiciones iniciales y de borde definidas por Janssen (1895) han sido resumidas por Alcaide Alonso (2011) y se resumen a continuación:

- Las tensiones verticales permanecen constantes dentro de la misma sección horizontal.
- El ángulo de rozamiento entre el material almacenado y la pared es constante.
- El peso específico del material almacenado es el mismo en todos los puntos del silo.
- Las paredes del silo se consideran perfectamente rígidas.
- La relación entre las tensiones verticales y horizontales permanece constante.

La extensión del modelo de silo de Janssen a los túneles fue eficazmente desarrollada por Terzaghi (1936, 1939, 1943, 1946), definiendo que *"el comportamiento del terreno situado sobre la clave del túnel era similar a un suelo almacenado en el interior de un silo con una ranura inferior tapada con una placa... cuando se retira la placa que tapa la ranura... la presión baja rápidamente hasta un valor mínimo, conforme se va abriendo más la ranura, la presión aumenta hasta alcanzar un valor máximo"* (Alcaide Alonso, 2011).

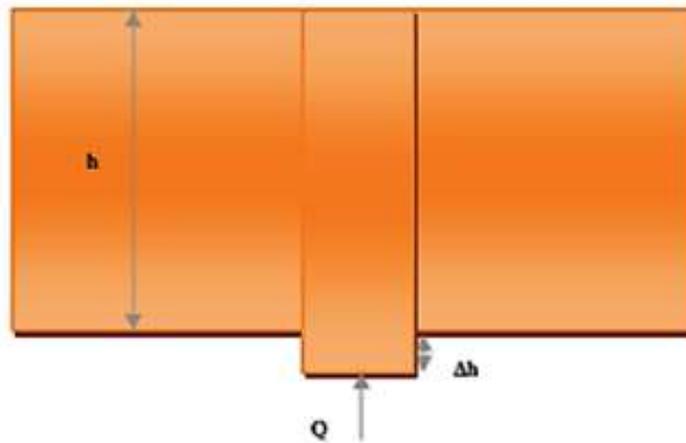


Fig. 6. Esquema del experimento de Terzaghi (1936). (tomado de Alcaide Alonso, 2011)

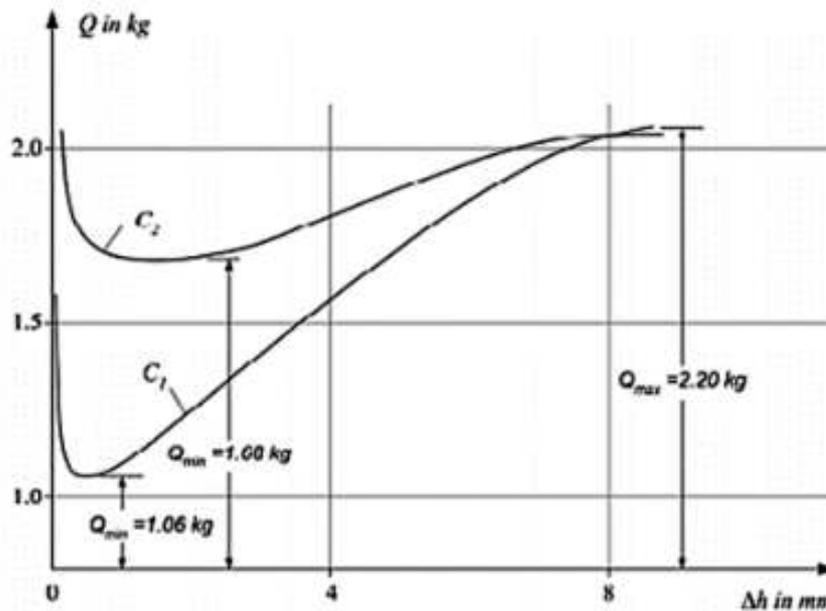


Fig. 7. Representación gráfica de las cargas obtenidas en el experimento de Terzaghi (1936). (tomado de Alcaide Alonso, 2011)

Adicionalmente al “efecto silo”, que puede perfectamente provocar subsidencia en superficie, el arco de descarga (Fig. 8) que se observa tanto en túneles manuales, galerías mineras, túneles construidos por tuneladoras y en cuevas y cavernas en el karst y que, en este caso dan la clásica forma triangular de las llamadas clásicamente galerías gravitacionales (Llopis, 1970), son consecuencia también de un alivio de presiones y resultan totalmente independientes de la profundidad de excavación de la galería (Molerio, 1990, 2017, 2018; Molerio et al., 1990).

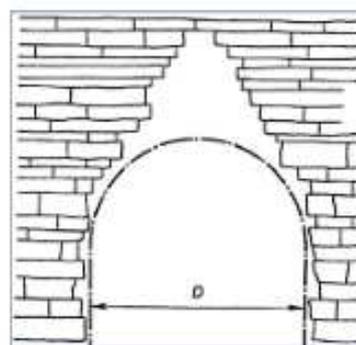
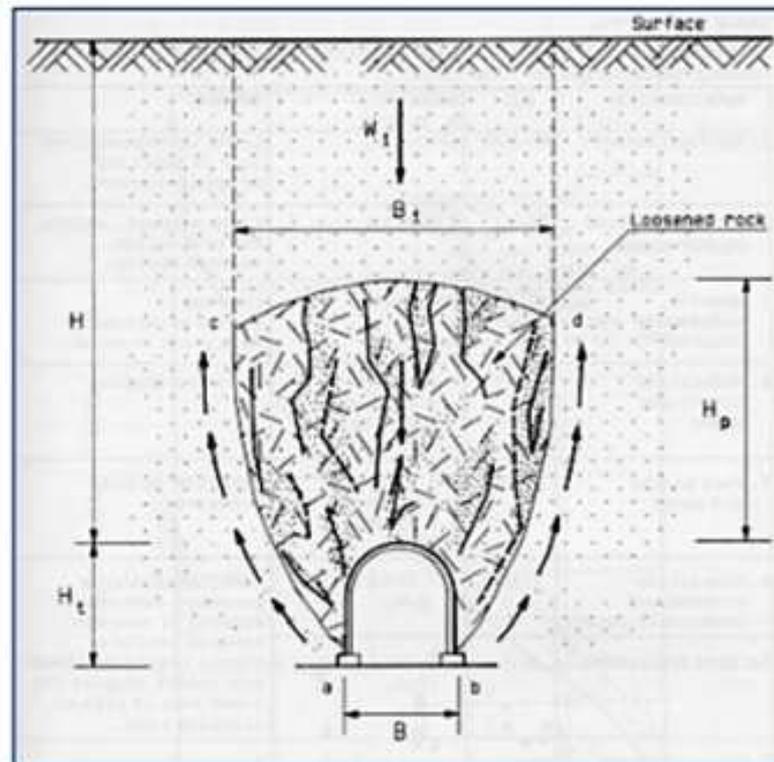


Fig. 8. Esquema de formación del arco de descarga según Terzaghi (1946) y Széchy (1981) (tomado de Alcaide Alonso, 2011 y Széchy, 1981).

La altura máxima del arco de descarga es una función de varios factores: la geometría, del túnel, básicamente la presión interior en el túnel, su ancho (D en la figura) y el ángulo de fricción interna ( $\varphi$ ): de manera que puede calcularse a partir de la expresión siguiente:

$$h = \frac{D}{2 \sin \varphi}$$

El arco de descarga debe estimarse a priori, ya que también puede abortar en superficie y provocar subsidencia en la superficie. De igual modo, reducir el tiempo de fortificación también reduce la zona afectada por la descarga asociada al alivio de presiones y concentra la carga sobre el revestimiento y no sobre el elemento excavado. La Fig. 9 muestra el esquema de Terzaghi (1946) para conceptualizar el arco de descarga. En función del ángulo de fricción interna y del ancho de la sección de la galería, en la Fig. 10 se presentan los límites de altura crítica sobre la bóveda que puede alcanzar el arco de descarga. La Fig. 11 resume el esquema de cálculo



**Fig. 9. Esquema de formación del arco de descarga según Terzaghi (1946), tomado de Alcaide Alonso (2011).**



Fig. 10. Nomograma para el cálculo de la altura crítica del arco de descarga de una galería excavada en función del ancho de la sección y el ángulo de fricción interna de las rocas. Para operar con el nomograma se entra por el ancho de la sección perpendicularmente a intersectar la recta que marca el ángulo de fricción interna del material rocoso. El nomograma ha sido simplificado para valores de  $\phi$  de 15, 30, 45 y 60°.

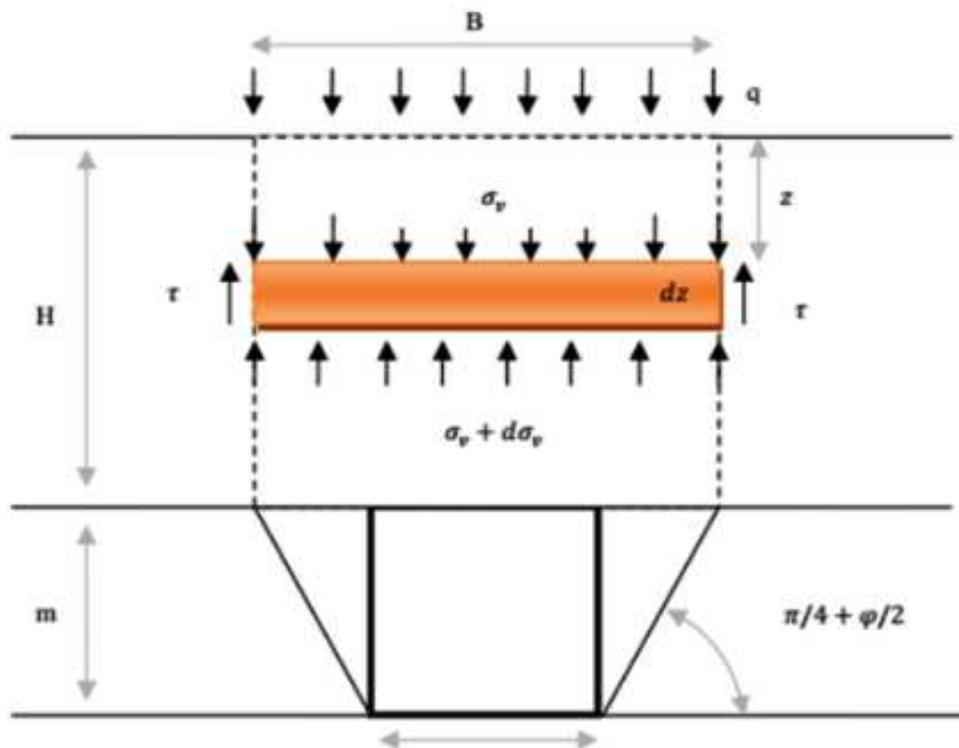


Fig. 11. Modelo conceptual para el cálculo del arco de descarga según Terzaghi (1946, tomado de de Alcaide Alonso (2011). Los términos se definen en la figura.

En el caso del Hundimiento La Inmaculada, puede notarse que debido a la poca profundidad a la que se excavaron las galerías y los valores tan bajos de  $\phi$  (entre 15 y 30°), cualquier galería de 2 o más metros de ancho aborta en superficie, provocando subsidencia (Fig. 12). Esto deshace una de las ideas locales de que las galerías de pequeño diámetro no producen afectaciones geomecánicas importantes ni constituyen peligro geológico alguno.



Fig. 12. Galería minera artesanal en Zaruma (fotograma tomado del documental Zaruma en Peligro – Programa 4 – Bloque 1 – Visión 360 IV Temporada. Ecuavisa: <https://www.youtube.com/watch?v=qxO80XT2RqI>; Abril 30, 2017)

El ancho del silo se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones:

$$B = 2 \left( \frac{b}{2} + m \tan \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) \right) = 7,67 \text{ m}$$

$$L = D + h_0 \tan \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 6,69 \text{ m}$$

Esta última ecuación se puede aplicar definiendo que se trata de macizos de cimentación relativamente blanda en la que es altamente posible que surjan superficies laterales de derrumbe, que incrementan las dimensiones de las cúpulas de desprendimientos. El frente de esa cúpula es sensiblemente mayor que el frente de excavación.

Las ecuaciones anteriores pueden aplicarse perfectamente al estar en el rango de  $H \leq 3B$  (siendo H, la potencia de roca sobre la clave de la galería y B el valor calculado. B, por su parte, sobrepasa la potencia de roca sobre la clave, de manera que el arco de descarga aborta en superficie y produce subsidencia. Las Figs. 13 y 14 grafican las alturas del arco de descarga calculadas según  $L = D + h_0 \tan \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$  para diferentes valores de  $\varphi$  y galerías de 1 y 5 m de ancho con alturas de excavación entre 1 y 5 m. Nótese que la zona de seguridad aún en la galería de 1 m de ancho es muy pequeña para garantizar estabilidad en la excavación.

Para el Modelo de Terzaghi en caso de suelos, la altura máxima del arco de descarga equivale a  $B + m$  y, en este caso de estudio,  $B+m= 12,67 \text{ m}$ , **de manera que, en cualquier caso, sobrepasa el espesor de roca sobre la clave de la galería más alta y por tanto, resulta una clave inestable y subsidente.** El valor del ángulo  $\pi/4 + \varphi/2 = 30^\circ$  para  $\varphi=60^\circ$ .

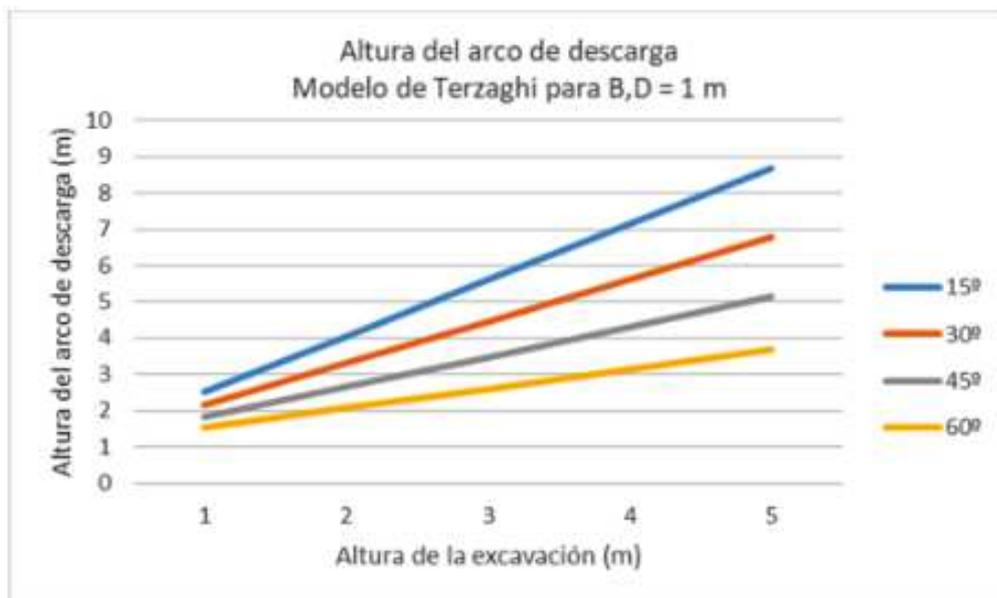


Fig. 13. Altura de la bóveda o arco de descarga sobre la clave de galerías de 1 m de ancho y altura entre 1 y 5 m para diferentes valores del ángulo de fricción interna de las rocas.

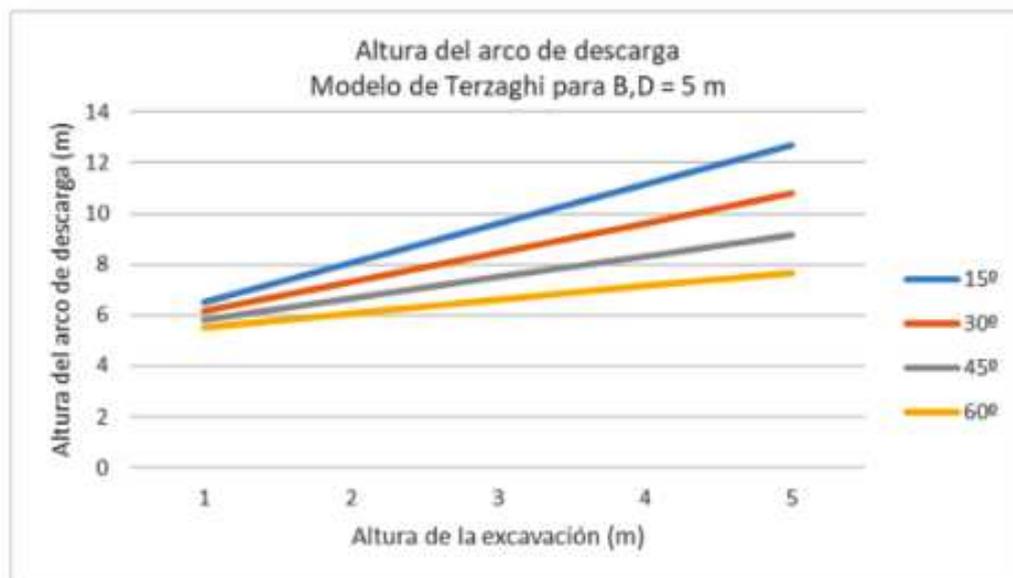


Fig. 14. Altura de la bóveda o arco de descarga sobre la clave de galerías de 5 m de ancho y altura entre 1 y 5 m para diferentes valores del ángulo de fricción interna de las rocas.

#### MÉTODO DE PROTODYAKONOV- BASE TEÓRICA Y CASO DE ROCAS DURAS

Como ha señalado Gordón (2015), “la premisa fundamental de la Teoría de Protodyakonov es la formación de la cúpula de desprendimiento; además, se considera la posibilidad de aplicar, al macizo en el que se ejecuta la excavación, las leyes de los materiales no cohesionados, con la introducción, en lugar del coeficiente real de fricción, de un coeficiente de fricción total o aparente, el mismo que considera a más de las fuerzas de fricción también las de cohesión entre partículas; este criterio fue denominado por Protodyakonov coeficiente de dureza del material  $f_{dur}$ ; los límites entre los cuales varían los valores del coeficiente de dureza son amplios, de 0,3-0,6 para suelos hasta 20 o más para rocas como basaltos, porfiritas, etc.; este coeficiente abarca todas las categorías de macizos de cimentación que se encuentran en excavación de túneles, tanto en zonas planas como en zonas montañosas”.

Las condiciones iniciales y de borde de la solución de Protodyakonov (1960a, 1960b) son las siguientes:

1. La formación de la cúpula de desprendimiento en la clave de la excavación.
2. Son válidas las leyes y propiedades reológicas de los materiales no cohesionados.

3. El coeficiente real de fricción se sustituye por un coeficiente de fricción total o aparente que, además de las fuerzas de fricción considera las de cohesión entre partículas del material rocoso. Este es el llamado Coeficiente de Dureza del material, ( $f$ )<sup>2</sup> que se resumen en la Tabla 1. Este coeficiente fue seleccionado como  $f=2$  para los cálculos de este ejercicio de ingeniería inversa, pero también fue estimado analíticamente mediante  $f = \tan\varphi + \frac{c}{RCS}$ , siendo  $\varphi=60^\circ$ ,  $c$  entre 1900 y 5400 kg/m<sup>2</sup> (SGR, 2017b) y RCS, entre 15295 y 30590 según datos del autor, lo que devuelve un valor entre 2,11 y 2,16.

**Tabla 1. Categorías de resistencia, tipos de roca y Coeficiente de Dureza ( $f$ ) de Protodyakonov (tomado de Gordón, 2015) El coeficiente  $f$  depende de la resistencia a compresión simple (RCS), el ángulo de rozamiento interno ( $\varphi$ ) y la cohesión ( $c$ ) del terreno, de forma que, para rocas,  $f$  vale una décima parte de la resistencia a compresión simple (en MPa), mientras que para suelos se toma  $f = \text{tg } \varphi + c/RCS$ .**

CATEGORIA	DESCRIPCION	"f"
<b>Excepcional</b>	Cuarcita, Basalto y rocas de resistencia excepcional	20
<b>Alta resistencia</b>	Granito, areniscas silíceas y calizas muy competentes	15-20
<b>Resistencia media</b>	Calizas, granito algo alterado y areniscas	8-6
	Areniscas medias y Pizarras	5
	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables	4
	Lutitas, esquistos y margas compactas	3
<b>Resistencia baja</b>	Calizas, lutitas blandas, margas, areniscas friables, Gravas, bolos cementados	2
	Lutitas fisuradas y rotas, gravas compactas y arcillas preconsolidas	1.5
<b>Resistencia muy baja</b>	Arcillas y gravas arcillosas	1.0
	Suelos vegetales, turbas y arenas húmedas	0.6
	arenas y gravas finas	0.5
	Limos y loess	0.3

4. La distribución de presiones de roca (Fig. 15) se considera de dos maneras:
  - a. Para rocas duras, en las que la presión lateral prácticamente está ausente o es muy pequeña;
  - b. Para macizos de rocas suaves o poco coherentes, en las que se manifiestan presiones verticales y laterales.
5. Para el caso de las rocas duras, se asume que, en una galería de sección rectangular el frente (I) del túnel se desprende limitado por una cúpula AOB donde el campo de esfuerzos de tracción es nulo, pero los esfuerzos de compresión están dentro de límites admisibles, por lo que la componente vertical de presión de roca está dada por el peso de la roca en el volumen AOB.
6. La forma de la cúpula se determina aproximando a la condición de equilibrio, bajo carga ( $p$ ) uniformemente distribuida desde la roca que la suprayace y bajo los criterios adicionales siguientes:
  - a. ausencia de momentos en la cúpula
  - b. compresión central por la fuerza  $N$ .

<sup>2</sup> Los límites del coeficiente de dureza varían de 0,3-0,6 para suelos hasta 20 o más para rocas duras (basaltos, porfiritas) y abarca todas las categorías de macizos de cimentación que se encuentran en excavación de túneles, tanto en zonas llanas como en zonas montañosas (Gordón, 2015).

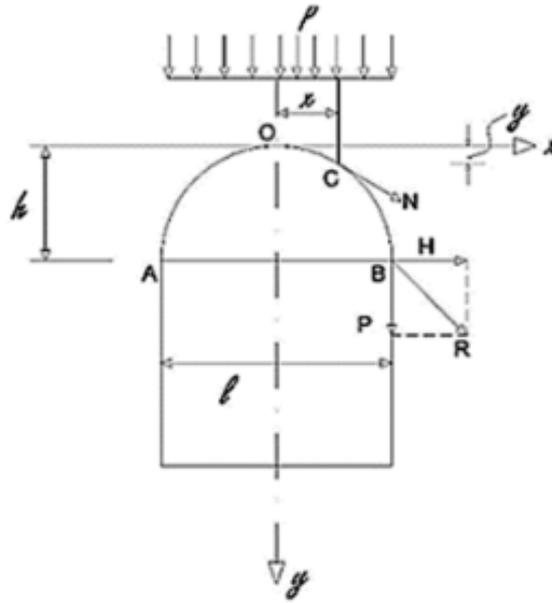


Fig. 15. Modelo de distribución de la presión de roca en macizos consolidados de rocas duras según Protodyakonov, 1960a, 1960b; tomado de Gordón, 2015).

7. De ese modo, como resume Gordón (2015), el equilibrio de un tramo cualquiera OC, seccionado en el punto C, al cual está aplicada una fuerza horizontal H y una fuerza longitudinal N, que reemplaza la acción de las partes eliminadas de la cúpula, puede ser expresado a través de la igualdad a "0" e la suma de momentos de todas las fuerzas respecto al punto "C" con coordenadas x e y:

$$Hy - \frac{1}{2}px^2 = 0$$

De tal manera que la curva AOB es una parábola:

$$y = \frac{px^2}{2H}$$

8. La componente horizontal H se define bajo la condición de resistencia de los extremos de la cúpula A y B. En el extremo B actúa la componente horizontal H y la reacción vertical  $P = 0,5 pl$ .
9. La curva es estable si se cumple la condición de que:

$$H \leq fP$$

$$H \leq 0,5plf$$

El método de cálculo es como sigue, para el caso general de rocas duras:

La altura de la cúpula parabólica que caracteriza la presión de roca para las coordenadas  $x=0,5l$  y  $y=h$  es:

$$h = \frac{l^2}{2fl} = \frac{l}{2f} = 6,25 \text{ m}$$

La componente vertical de la presión de roca sobre un soporte horizontal, aplicada por cada metro de túnel, resulta sencillo obtener si se conoce el peso volumétrico de la roca  $\gamma$  y la superficie de la cúpula de desprendimiento:

$$\omega = \frac{2}{3}lh$$

Equivale a:

$$Q = \gamma \omega = \gamma \frac{2}{3} lh = \frac{\gamma l^2}{3f} = 7083 \text{ kg/m}$$

El valor medio del componente vertical de la presión de roca será:

$$q = \frac{\gamma l}{3f} = 2125 \text{ kg/m}^2 = 20,84 \text{ kPa}$$

Pero se también se puede asumir, de acuerdo con la normativa rusa **GOST 21153.1-75 Rocks. Method for the determination of strength factor according to Protodyakonov** (1976), que:

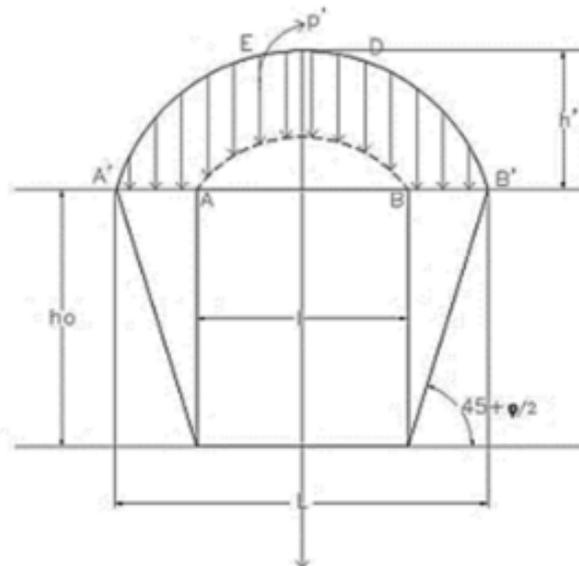
$$q = \frac{\gamma l}{2f} = \gamma h = 10625 \text{ kg/m}^2 = 104,2 \text{ kPa}$$

En las mismas normas para los casos de soporte circular del túnel se recomienda:

$$q_1 = 0,7q = 7437 \text{ kg/m}^2 = 72,9 \text{ kPa}$$

#### MÉTODO DE PROTODYAKONOV- CASO DE ROCAS SUAVES

Para macizos de excavación/cimentación constituidos por rocas suaves como es el caso del Hundimiento de La Inmaculada, es necesario considerar el desarrollo de superficies laterales de desprendimiento. **En estas condiciones, es importante tener en cuenta que las dimensiones de la cúpula de desprendimiento se incrementan** (Fig. 16).



**Fig. 16. Distribución del campo de presiones de roca en materiales suaves según el Modelo de Protodyakonov (tomado de Gordón, 2015)**

El **frente de dicha cúpula, en este caso es sensiblemente mayor que el frente de excavación** y, de acuerdo con Protodyakonov, puede ser determinado por la expresión:

$$L = l + 2h_0 \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 6,69 \text{ m}$$

Muy semejante al valor de 7,67 m calculado anteriormente al aplicar el modelo de silo de Janssen, en el apartado dedicado al análisis según Terzaghi y también al valor estimado para el caso de rocas duras por el mismo Método de Protodyakonov, que equivale a 6,25 m.

Ahora, la **altura de la cúpula de desprendimiento** A' O' B' se determina en forma análoga al primer esquema, pero considerando el nuevo frente de dicha cúpula:

$$h' = \frac{L}{2f} = 1,67 \text{ m}$$

La **carga vertical sobre la parte superior del revestimiento del túnel** se asume igual a la superficie AEDB, multiplicada por el peso específico del macizo de cimentación  $\gamma$  y por la unidad de longitud del túnel:

$$Q' = \frac{2}{3} h' l + \gamma(h' - h_0)l = 11308 \text{ kg/m}$$

La **carga sobre el prisma de desprendimiento**, para determinar la presión lateral, puede ser expresada de la siguiente manera:

$$q = \frac{\frac{2}{3} \gamma L h' - Q'}{2(L-l)} = \frac{\frac{2}{3} \gamma L h' - Q'}{L-l} = 5261 \text{ kg/m}^2 = 51,59 \text{ kPa}$$

El **empuje lateral** se determina según la expresión:

$$E_{lat} = \frac{1}{2} h_0 (2q + \gamma h_0) \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 3414 \text{ kg/m}^2 = 33,48 \text{ kPa}$$

Los resultados anteriores indican que:

- La galería es inestable y debe abortar en superficie, en tanto el arco de descarga intersecta o está muy cerca de ella.
- El proceso de subsidencia resultaba ineludible si la excavación estaba sin revestir o revestida inadecuadamente o los cálculos de resistencia fueron calculados bajo parámetros incorrectos.
- Al producirse la subsidencia, la capacidad de resistencia se hace mínima y se produce subsidencia por inestabilidad.
- Adicionalmente, la conjugación de los campos de deformaciones de galerías situadas a una distancia menor a 3D propaga la zona de deformación plástica del sistema de conductos.
- La eventual capacidad de carga del terreno sobre la clave de la galería tipo simulada se hace cero o se acerca a este valor en tanto el valor de los empujes laterales es de alrededor del 64% del que actúa sobre el prisma de desprendimiento.

### MÉTODO DE SCHMIDT

Este método (Schmidt, 1969; Torres y Zambrano, 2012) describe la subsidencia según un modelo de Gauss invertida como ley transversal de asentamientos en la superficie del terreno (Fig. 17). Peck (1969) validó el modelo basándose en observaciones de campo.

Los factores que definen la forma de la depresión son los siguientes (Fig. )::

- el desplazamiento máximo vertical ( $\delta_{m\acute{a}x}$ ),
- la amplitud de la campana de Gauss (B)
- volumen de pérdida de terreno en superficie (Vd), que equivale al área bajo la curva de la Fig. y se calcula según la expresión siguiente:

$$V_d = 2,5i\delta_{m\acute{a}x}$$

En la que i es el punto de inflexión de la curva y se obtiene por diferentes métodos (Tabla 2)

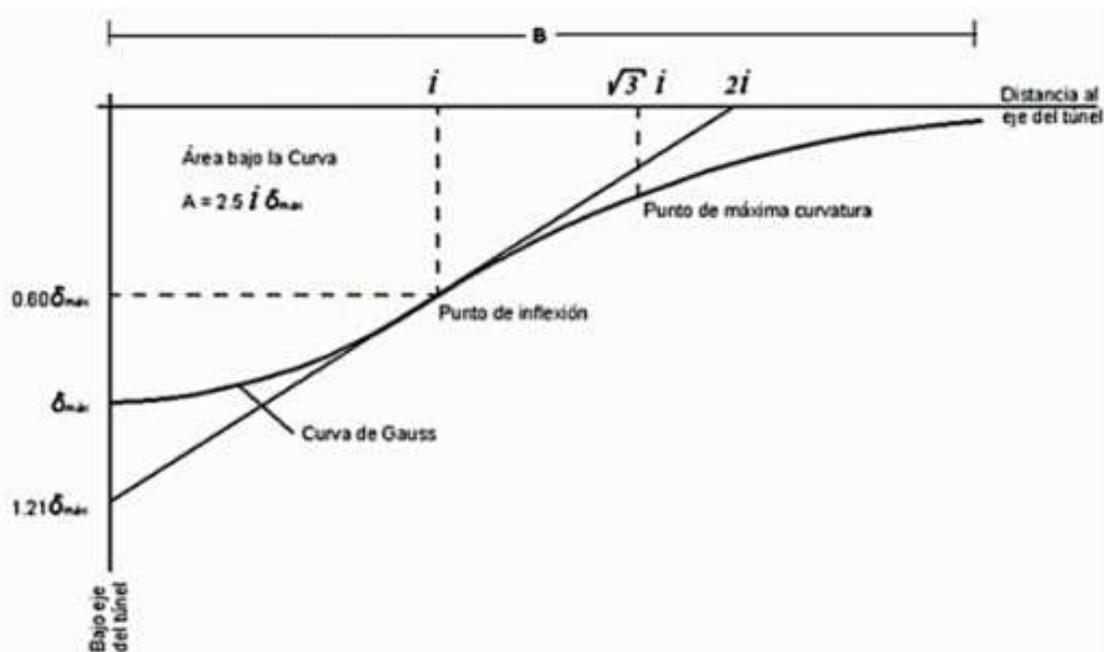


Fig. 17. Relaciones geométricas en la curva de Gauss (idealización de la depresión en superficie producida por el fenómeno de subsidencia según, Schmidt, 1969 (tomado de Torres y Zambrano, 2012)

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{\gamma D^2}{E} (0,85 - \nu_s)$$

En la que  $\gamma$  es el peso unitario seco del material ( $\text{kN/m}^3$ );  $D$ , el diámetro del túnel,  $E$ , el Módulo de Elasticidad del material (en  $\text{kN/m}^2$ ) y  $\nu_s$ , el Número de Poisson. Para:

$$\begin{aligned} \gamma &= 16 \text{ kN/m}^3 \\ E &= 980 \text{ kN/m}^2 \\ \nu_s &= 0,4 \end{aligned}$$

Resulta un  $\delta_{m\acute{a}x} = 0,18$ , valor muy alto de desplazamiento máximo. De ahí que la pérdida normal  $V_d$  de subsidencia (pérdida de terreno en superficie), y, en principio, sin causas ajenas de aceleración, como drenaje, inundación, sismicidad, cargas adicionales, es de alrededor de 2,0 m, como parece que ocurrió (Fig. 18). Este valor, calculado para  $i=4,11$  según la ecuación de O'Reilly y New (1982; ver Tabla 2) **representa el asentamiento por subsidencia que debe esperarse en una galería excavada bajo esas condiciones geológicas y de excavación en el área del actual socavón de la escuela La Inmaculada. Ese valor se incrementó, evidentemente por causas ya independientes a la excavación, lluvias, cargas dinámicas, erosión del talud, entre otras.**

#### COMENTARIO SOBRE LAS ESTRUCTURAS MINERAS DE ESTABILIZACIÓN

Los procesos geomecánicos que producen subsidencia, desprendimientos e inestabilidad en general asociados a las excavaciones subterráneas son los mismos en cuevas, túneles o en galerías mineras (Molerio, 1990; Molerio et al., 1990).

Sin embargo, hay diferencias importantes en lo que respecta a la garantía de estabilidad entre unas y otras que están asociadas a la forma en que se distribuyen los esfuerzos durante el proceso de remoción de la roca y al tiempo durante el cual esos esfuerzos se manifiestan en el frente, laterales, piso y bóveda del conducto. El tiempo actúa de manera diferente en cada caso. En tanto en las cuevas y conductos naturales el campo de tensiones se va equilibrando a medida que la cavidad se desarrolla y, salvo en las cuevas turísticas o las que se usan como almacenes, refugios o parte de obras civiles es innecesario proceder a su fortificación o reforzamiento inmediatos, en los túneles y galerías mineras un factor de

consideración es el tiempo en que una excavación puede permanecer sin ser fortificada. Y ello se debe a que la distribución del campo de esfuerzos también es diferente. En las excavaciones mineras y en los túneles el campo de tensiones es variable y va cambiando según las penetraciones avanzan, pero en las minas la fortificación tiene que dejar abierto el frente de extracción de mineral en tanto los túneles, salvo raras excepciones, el reforzamiento se realiza para todo el conducto.

**Tabla 2. Métodos de cálculo del parámetro  $i$  en la ecuación general de Schmidt (1969), tomados de Yahya y Abdullah (2014) y resultados para el caso de estudio de este artículo**

<b>Autores</b>	<b>Modelo</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Valor para el Hundimiento La Inmaculada</b>
Peck (1969)	$\frac{i}{R} = \left(\frac{z_0}{2R}\right)^2$ $0,1 \leq n \leq 0,8$	Basada en observaciones de campo	3,27 valor adoptado $2,58 \leq i \leq 3,27$  Para: $R=2,5$ m $z=7$ m $n=0,8$
Atkinson and Potts (1977)	Para arenas sueltas $i = 0,25(z_0 + R)$  Para arenas densas y arcillas sobreconsolidadas $i = 0,25(1,5z_0 + 0,5R)$	Basada en observaciones de campo	2,93
O'Reilly and New (1982)	Para suelos cohesivos $i = 0,43z_0 + 1,1$  Para suelos granulares $i = 0,28z_0 - 0,1$	Basada en observaciones de campo de túneles del Reino Unido	4,11
Mair (1993)	$i = 0,5z_0$	Basada en observaciones de campo de túneles alrededor del mundo	3,5
Attewell (1977)	$\frac{i}{R} = \alpha \left(\frac{z_0}{2R}\right)^n$ $\alpha=1 \text{ y } n=1$	Basada en observaciones de campo de túneles del Reino Unido	3,5
Clough and Schimdt (1981)	$\frac{i}{R} = \alpha \left(\frac{z_0}{2R}\right)^n$ $\alpha=1 \text{ y } n=0.8$	Basada en observaciones de campo de túneles de los Estados Unidos de América	3,27



**Fig. 18. Primer hundimiento de terreno (Enero, 2017) contiguo a la estructura de la Escuela La Inmaculada producido en conjunción con un aguacero local ((fotograma tomado del documental Zaruma en Peligro – Programa 4 – Bloque 1 – Visión 360 IV Temporada. Ecuavisa: <https://www.youtube.com/watch?v=qxO80XT2RqI>; abril 30, 2017)**

Las diferencias entre una y otra han sido resumidas por Arroyo (2015)

1. La mayor parte de los túneles para obras civiles son virtualmente permanentes: túneles para metros, túneles para proyectos hidroeléctricos, túneles viales y ferroviarios, galerías para conducción de aguas, etc., en tanto que los túneles mineros son temporales si bien, no obstante, algunos pueden tener una vida de servicio de varias décadas.
2. Los túneles para obras civiles sirven principalmente para el público en general en tanto que los túneles mineros los utilizan solamente mineros prácticos.
3. La longitud total de los túneles mineros excede en gran medida la longitud de los túneles excavados para propósitos de obras civiles y por lo tanto se emplean normas más exactas en estos últimos que en los mineros (por ejemplo, en la exploración del sitio, en la excavación, en el soporte, etc.)
4. Las condiciones del terreno en minería se conocen mejor debido a que su actividad en un mismo sitio lleva a cabo durante muchos años en tanto que las estructuras civiles se localizan usualmente en terrenos que demandan de una detallada exploración del sitio.
5. Las obras civiles se localizan generalmente cerca de su superficie (500 m. de profundidad, aproximadamente) en donde la influencia de los esfuerzos frecuentemente se desprecia y en donde la ausencia de un estado de esfuerzos de compresión bien desarrollado da surgimiento al efecto dominante que los factores geológicos tienen en las obras civiles: en minería el estado de esfuerzos es de primordial importancia.
6. Puesto que la minería es un proceso dinámico, las excavaciones mineras están sometidas a condiciones de esfuerzos cambiantes que demandan refuerzos de la roca diferentes a los que se necesitan en situaciones de esfuerzos estáticos: los túneles en obras civiles, en general, no experimentan cambios en las condiciones de los esfuerzos.
7. En la minería los fondos para investigaciones y diseño son mucho más modestos que en proyectos civiles.
8. Los sitios para obras civiles pueden a menudo seleccionarse a fin de obtener mejores condiciones de la roca, en tanto que en la minería la localización del yacimiento dicta el sitio.

9. Las obras mineras nacen y crecen en el tiempo; las civiles tienen carácter definitivo al terminar su construcción. Esto implica que la mina se está construyendo día tras día.
10. Los factores de seguridad alcanzan 1,3-1,4. Y a veces más en las obras civiles, en tanto que en las mineras ese factor está por los lados de 0,9 a 1,1, en general. Esto es, se trabaja en condiciones de cuasi-estabilidad

### **CONDICIONES DE BORDE ADICIONALES**

El área de estudio se circunscribe al casco histórico de la ciudad de Zaruma y, en esta primera aproximación, al análisis del campo de deformaciones en el socavón de la Escuela La Inmaculada, quizás el caso más comentado y espectacular de todos los procesos subsidentes en el área.

En el caso de Zaruma en particular, y de Ecuador en general (sin mayores extensiones) cualquier proyecto de obra civil, hidráulica, hidrotécnica, minera está sesgado y gobernado por el peligro geológico que constituyen el vulcanismo y los terremotos y la amenaza hidrológica asociado a las lluvias torrenciales típicas del Trópico. E incluso, de la probabilidad de que los tres actúen simultáneamente como ha ocurrido en el pasado. Ambos tipos de amenazas –estén o no consideradas por las normativas de proyección, construcción u operación- tienen que estar incluidos –por Buena Práctica y seguridad- en el desarrollo de obras de esos tipos.

Algunos de los problemas sintetizados en <http://blog.geotechpedia.com/index.php/tag/tunnel-failure/> pueden también haber confluído en el sitio del hundimiento, tales como:

- Investigación de terreno inadecuada debido a la densidad y concentración de edificios.
- Diferenciación continua de condiciones superficiales del suelo debido a estructuras artificiales, servicios defectuosos que filtran aguas de escorrentía superficial, aguas residuales o tormentas, etc. Especialmente en suelos poco profundos, las propiedades mecánicas del suelo pueden haber sido modificadas de un bloque a otro.
- Método de soporte de excavación inadecuado. Especialmente en condiciones de terreno difíciles y complejas con condiciones mixtas de la cara (roca fuerte y suelo blando se encuentran en la cara del túnel).
- Optimización de costos de excavación y soporte. Esto puede conducir a medidas de soporte reducidas o mayores tasas de avance de la excavación para cumplir con los plazos y seguir una programación inapropiada.

### **NOTA FINAL**

Bajo los tres modelos de cálculo discutidos en este artículo, derivados bajo condiciones iniciales y de borde diferentes, la zona del Hundimiento de la Inmaculada es inestable y subsidentes. La(s) galería(s) que dieron origen al Hundimiento de la Escuela La Inmaculada se excavaron en un terreno típicamente inseguro. Si hubo fortificación o reforzamiento de los conductos, éstos, sin lugar a dudas, fueron insuficientes y poco efectivos al no considerar la profundidad de la excavación, su relación con las obras civiles en superficie, la distribución del campo de tensiones alrededor de las excavaciones y la superposición eventual de esfuerzos entre galerías contiguas, ni tampoco el efecto del drenaje pluvial y las aguas de infiltración en la pérdida de estabilidad de las galerías y en el empeoramiento de las propiedades geotécnicas del material excavado.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Alcaide Alonso, J.M. (2011): **Procedimiento de estimación de la presión de trabajo óptima en la cámara de mezclado de un escudo de presión de Tierras. Implicación en los parámetros de diseño del escudo.** Tesis Doctoral. Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales Y Puertos de Madrid, 221:

- Atkinson, J.H., Potts, D.M. (1977): **Stability of shallow circular tunnel in cohesionless soil**. Géotechnique, 27 (2): 203-215
- Baumann, S. y J. Schwarz (1997): **Face stability of tunnels in soft rock. Possibilities for the computational analysis**. Proc. XIVth Conf. SMFE, Hamburgo, Vol.3. 1997.
- Broms, B.B., H.Bennermark (1967): **Stability of clay at vertical openings**. ASCE. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, 93 sM1, pp. 71-94.
- Calderón Quirós, C.D. (2013): **Análisis, diseño y control geotécnico de la excavación del túnel y pozo vertical de la Descarga de Fondo del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón**. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, 97:
- Chambon, P., Corté J.F. (1989). **Stabilité du front de taille d'un tunnel faiblement enterré: modélisation en centrifuge use**. Proc. International Conference of Tunneling and Microtunneling in Soft Ground: From Field to Theory, Paris, :307-315.
- Chambon, P., Corté J.F. (1994): **Shallow tunnels in cohesion less soil: Stability of tunnel face**. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 120, No 7, pp. 1148-1165.
- Clough G., & Schmidt B. (1981): **Design and performance of excavation and tunnels in soft clay**, Soft Clay Eng., Amsterdam: Elsevier, :569-634.
- Correa Arroyave, A. (1991): **Galerías mineras. La modelización analítica como una ayuda Geomecánica para el diseño minero**. Ing. Inv., 25, p. 10-19, Bogotá  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/20718>
- Davis E, M. Gunn, R. Mair, y H. Seneviratne (1980): **The stability of shallow tunnels and underground openings in cohesive material**, Geotechnique, 30, n°4,
- Gordón Bastidas, A. F. (2015): **Diseño de las obras de desvío del Proyecto Hidroeléctrico Chontal**. Tesis Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador, 202:
- GOST STANDARD (1976): **Building industry. GOST 21153.1-75. Rocks. Method for the determination of strength factor according to Protodyakonov**, RUNORM. Russian Standards and Technical Regulations, <https://runorm.com/>, 3:.
- Hisatake M., (2011): **A proposed methodology for analysis of ground settlements caused by tunneling, with particular reference to the "buoyancy" effect**. Tunnelling and Underground Space Technology 26:130-138.
- Leca, E. (2007): **Settlements induced by tunneling in soft ground**. Tunnelling and Underground Space Technology 22, 119-149.
- Leca E. y M. Panet, (1988): **Application du calcul a la rupture et a la stabilité su front de taille d'un tunnel**, Revue Francaise de Geotechnique, 43,.
- Leca, E y L. Dormineux (1990). **Upper and lower bound solutions for the face stability of shallow circular tunnels in frictional material**. Géotechnique 40, N°4, 581606.
- Lee, I, S. Nam (2000): **Evaluation of face stability with the consideration of seepage forces in shallow tunnels**. Tunnels and Undergr. Structures, Balkema.
- Lee, I, S. Nam, J.. Ahn.(2003): **Effect of seepage forces on tunnel face stability**. Can. Geotech. J. 40, 2003.

Terzaghi, K. (1936): **Stress distribution in dry and saturated sand above a yielding trapdoor**. in Proceedings of International Conference of Soil Mechanics, Cambridge, Massachusetts.

Terzaghi, K. (1939): **General wedge theory of earth pressure**, Meeting of Soil Mechanics and Foundations Division, ASC, Rochester, NY. 14 Octubre 1938. Proceedings ASCE

Terzaghi, K. (1943): **Theoretical soil mechanics**, John Wiley & Sons

Terzaghi, K. (1946): **Introduction to tunnel geology**. Commercial shearing and stamping Co. Youngstown. Ohio

Terzaghi, K. y R. Peck (1948): **Soil mechanics in engineering practice**, John Wiley & Sons

Torres, A. C., G. C. Zambrano (2012): **Estudio numérico de la subsidencia causada por la excavación de túneles en un perfil de suelos blandos**. Ingeniería y Competitividad, Colombia, 14(2):25- 36

Yahya S. M. & R. A. Abdullah (2014): **A Review on Methods of Predicting Tunneling Induced Ground Settlements**. EJGE 19:5813-5826

Yanga J.S., Liua B.C., & Wangb M.C., (2004): **Modeling of tunneling-induced ground surface movements using stochastic medium theory**. Tunneling and Underground Space Technology 19, 113–123.

Yong-Joo Lee, Chung-SikYoo, (2007): **Subsurface settlement profiles above shallow and deep model tunnels at large ground loss**, Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises, Londres: Elsevier, p.545-551.

## Autoridades de la U.I.S. (2017– 2021)

### President

George VENI, USA

### Vice Presidents

Operations - Efraín MERCADO, Puerto Rico

Administration - Zdenek MOTYCKA, Czech Republic

### Secretary General

Fadi NADER, Lebanon

### Treasurer

Nadja ZUPAN HAJNA, Slovenia

### Adjunct Secretaries

Nivaldo COLZATO, Brazil

Mladen GARAŠIĆ, Croatia

Bernard CHIROL, France

Satoshi GOTO, Japan

Gyula HEGEDUŠ, Hungary

Tim MOULDS, Australia

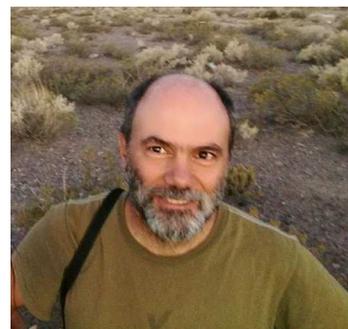
Baerbel VOGEL, Germany

Past UIS bureau members: [http://www.uis-speleo.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=382](http://www.uis-speleo.org/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=382) (Carlos Benedetto, 2005-2009)



# FRACKING EN MENDOZA: EL GOBIERNO AUTORIZÓ UNA PROSPECCIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

**Federico Soria**  
**Ex vicepresidente FAde**  
**Miembro Honorario FAde**



## Resumen.

*El Gobierno de la Provincia de Mendoza autorizó la instalación de equipamiento en el Área Natural Protegida Divisadero Largo, para trabajos petroleros con el método del fracking. Los investigadores designados están vinculados a las empresas petroleras y el emprendimiento se hará a sólo 8 kilómetros de la ciudad capital de la Provincia. Uno de los investigadores fue directiva de la FAde. Se intensifica el conflicto entre ambientalistas y petróleo no convencional*

## Summary.

*The Government of the Province of Mendoza authorized the installation of equipment in the Divisadero Largo Protected Natural Area, for oil works with the fracking method. The appointed researchers are linked to the oil companies and the venture will be done only 8 kilometers from the capital city of the Province. One of the researchers was a director of FAde. The conflict between environmentalists and unconventional oil intensifies*



La antigua Mina La Atala, localizada donde hoy está la Reserva Natural Divisadero Largo. Foto: elchallao.com.

El Gobierno de Mendoza autorizó una prospección o exploración inicial de hidrocarburos no convencionales (disfrazada de "investigación científica"), en la Reserva Natural Divisadero Largo, ubicada a 8 km. de la ciudad capital de Mendoza, usando un artilugio legal para eludir las prohibiciones establecidas en la Ley Provincial de Áreas Protegidas.

El día 20 de febrero de 2018, la Sub-directora de Recursos Naturales Renovables, Mariana Raviolo (organismo dependiente de la Secretaría de Ambiente de Mendoza) firmó la Resolución 11-E/2018, mediante la cual se autoriza un proyecto de investigación titulado "Evaluación de la For-

mación Cacheuta como reservorio no convencional" con levantamiento de perfiles y toma de muestras (tareas de campo asimilables en los hechos concretos a lo que técnica y legalmente se conoce como una prospección o exploración inicial minera y/o petrolera).

La "investigación" está a cargo de Evanna Fuenmayor, ingeniera venezolana radicada en Argentina, especializada en hidrocarburos no convencionales, que actualmente se desempeña como docente de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo y realiza consultorías en forma particular para empresas petroleras privadas.

El resto de los autorizados que figuran en la resolución (Lourdes Guiñazú, Jorge Albeiro, Juan Pablo Castillo, Silvia Barredo y Agustín Sosa) (1) también son docentes y egresados Facultad de Ingeniería de la UNC, que además también trabajan como consultores privados. Además, el nombre de estas personas figura en eventos realizados por el IAPG (Instituto Argentino del Gasy el Petróleo), un ente mixto público y privado, integrado por las corporaciones petroleras y las universidades estatales, en el que básicamente las empresas fijan, de acuerdo a sus propios intereses

(1) N de la R: La Dra. Silvia Barredo no es egresada de la UNC, sino de la UBA, y fue vicepresidente de la FAde

corporativos particulares, cuáles deben ser las líneas de investigación y formación técnica que las universidades públicas deben seguir en materia de energía e hidrocarburos y los lineamientos que debe implementar la educación pública en todos los niveles en relación a estos puntos.

### **UN PROCEDIMIENTO POCO CLARO: ¿POR QUÉ DECIMOS QUE ESTO ES UNA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES DISFRAZADA DE INVESTIGACIÓN...?**

El primer considerando de la mencionada resolución (cuya copia ponemos a disposición arriba) es bastante claro, en cuanto al trasfondo que tienen estas tareas de prospección



dentro del área protegida: “el proyecto es de gran importancia porque con los resultados se podrá resaltar el potencial de la Formación Cacheuta como reservorio no convencional”. Evidentemente estamos ante una suerte de prospección o exploración inicial hidrocarburífera dentro de un área natural protegida legalmente constituida, lo cual está prohibido por la ley.

Recordemos que hace unas semanas, el Gobierno de Mendoza había anunciado la publicación del Decreto 248/2018 que autoriza la realización del fracking en Mendoza (extracción de hidrocarburos no convencionales mediante fractura hidráulica), procedimiento que recordemos, estuvo precedido de una trama de corrupción, aprietes y violación al estado de derecho orquestado por algunos funcionarios del propio gobierno. En la conferencia de presentación del mismo, el Subsecretario

de Energía y Minería, Emilio Guiñazú, dijo con respecto a la Formación Cacheuta que “estamos analizando la posibilidad de hacer estudios para saber qué calidad de recursos hay ahí”. Con esto, queda claro que esta exploración inicial disfrazada de investigación científica está en perfecta sintonía con los anuncios realizados por este funcionario, teniendo en cuenta que además, la investigadora y su equipo de ayudantes están iniciando las tareas de campo en el área protegida a pocos días de realizado este anuncio.

La Reserva Natural Divisadero Largo se encuentra en el Piedemonte de la Precordillera de Mendoza, en los departamentos Capital y Las Heras, a escasos 8 kilómetros de la ciudad capital provincial de Mendoza. Recordemos que es un lugar muy sentido para las y los habitantes de Mendoza, con un montón de historia y con una dura batalla legal por la consolidación de su condición de bien público, contra los terratenientes vecinos. De todos estos, especial mención merece Daniel Vila, el apropiador de la Cascada de San Isidro, cuyo actual latifundio (ex tierras fiscales que deberían haber sido también Área Protegida, de acuerdo a una vieja ley de ordenamiento territorial del Piedemonte, hoy derogada) limita con la reserva y por la que el Gobierno de Mendoza pagó 30 millones de dólares para terminar con un conflicto de límites con este señor, a fines de los

'90s.

Divisadero Largo integra el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas, cuyo manejo y regulación está normado por la Ley Provincial 6045. Dicha ley prohíbe expresamente la exploración y explotación minera e hidrocarburífera en los territorios bajo su jurisdicción, con lo cual este trabajo y su intencionalidad y trasfondo es a todas luces ilegal y los funcionarios que lo autorizaron y lo avalaron en el expediente respectivo son penalmente responsables de incumplimiento en los deberes de funcionario público y de las leyes ambientales que deberían estar aplicando en las funciones que les competen.

La Formación Cacheuta aflora en la Reserva Divisadero Largo y en otros sectores de la Precordillera de Mendoza, comprendidos entre la ciudad capital y el Valle de Uspallata, continuándose por

debajo en el resto de la Cuenca Cuyana, que cruza de sur-este a nor-oeste todo el territorio de la Provincia de Mendoza. Está compuesta de esquistos bituminosos (también llamados lutitas), que son rocas que contienen hidrocarburos como parte de su composición, cuestión que se puede comprobar simplemente arrojando una de estas piedras al fuego, las que arden al calentarse.

Las lutitas fueron explotadas en el pasado en la zona y prueba de ello son las ruinas de la Mina la Atala, que funcionó entre fines del S 19 y comienzos del S 20. La roca extraída para la obtención de gas de roca mediante destilación por calor. Curiosamente, quienes llevaron adelante esta exploración era la Corporación Fader, empresa familiar dirigida por los antepasados del actual Secretario de Energía y Minería de Mendoza, Emilio Guñazú...

### **UNA ILEGALIDAD TRAS OTRA...**

Según YPF, la Formación Cacheuta constituye (junto a la vecina Formación Potrerillos) uno de los principales reservorios de hidrocarburos no convencionales del país, cuyo mapa puede verse en el post anterior de este espacio de expresión. En el caso de la porción de la Formación Cacheuta que atraviesa la Reserva Divisadero Largo, presenta especiales características, ya que contiene fósiles de animales y plantas que vivieron en el Período Triásico de la Era Mesozoica, hace entre 250 y 200 millones de años, cuando se depositaron los sedimentos que después dieron origen a esas rocas, constituyendo un bien intangible, no sólo por imperio de la ley provincial de áreas protegida, sino por la legislación que protege el patrimonio paleontológico de Mendoza, con lo cual no sólo resulta un despropósito explorar la posibilidad de hacer fracking allí, sino que además es doblemente ilegal.

La intencionalidad de realizar una exploración inicial disfrazada de investigación (y encima hacerlo dentro de un área natural protegida) no es casual ni inocente, ya que además de eludir el cumplimiento de la Ley Provincial 6045, se están eludiendo los presupuestos mínimos establecidos en la legislación ambiental vigente, en especial la Ley Nacional 25675, que exige para cualquier acción susceptible de producir impacto ambiental, las instancias obligatorias de Estudio de Impacto Ambiental, Consulta Pública de los expedientes y

Audiencia Pública.

Un dato que pone más en evidencia la irregularidad de este procedimiento, es que los guardaparques de la Reserva Divisadero Largo se enteraron de la resolución firmada por su superioridad varias semanas después y encima a través de los “investigadores” el día que concurrieron a comenzar los trabajos de campo con una copia de dicha actuación; y no a través de la vía administrativa interna, tal como lo determina el propio Código de Procedimiento Administrativo vigente, que debiera ser aplicado por el Gobierno de Mendoza en todas sus dependencias.

El otro dato no menor, es que actualmente no existen concesiones petroleras otorgadas para exploración y/o explotación, en la zona de la Reserva Natural Divisadero Largo, con lo cual también se está eludiendo el procedimiento administrativo específico para la actividad, siendo que además, esta prospección está siendo autorizada exclusivamente por la Dirección de Recursos Naturales Renovables, una autoridad que no es competente en materia de hidrocarburos, más allá de ser la autoridad de aplicación de las áreas protegidas provinciales.

Para finalizar, y como una suerte de anécdota bizarra, resulta paradójico que el actual eslogan de la Secretaría de Ambiente de Mendoza para la Reserva Divisadero Largo sea “Mirá que cerca está tu paz”, mientras al mismo tiempo esté suscribiendo la posibilidad de que en el futuro se realice fracking en ese lugar que es patrimonio natural de todas y todos.

### **MUCHOS INTERROGANTES, NINGUNA RESPUESTA...**

Inevitablemente surgen preguntas que deberían responder los funcionarios de turno: ¿Cuál es la intención de “investigar” o más bien prospectar el potencial de hidrocarburos no convencionales en un lugar donde la ley prohíbe expresamente su explotación? ¿Por qué de todos los lugares donde aflora la Formación Cacheuta se eligió éste para explorar hidrocarburos no convencionales, que es el único que está en un área protegida y en tierra pública?



Gobierno de la Provincia de Mendoza

**Resolución**

Número: RESOL-2018-11-E-GDEMZA-DRNR/SAY

Mendoza, Martes 20 de Febrero de 2018

Referencia: Proyecto Resolución Inv. Científica Fuemmayer, Evarena

Visto, el EX-2018-00237838-GDEMZA-DRNR/SAYOT, por el cual la Ing. Evarena Fuemmayer DNI N° 95.571.414, Ingeniera en petróleo, Investigadora de la Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Mendoza, solicita la autorización para realizar trabajos de investigación en la Reserva Natural Divisadero Largo, en el marco del proyecto "Evaluación de la formación Cacheuta como reservorio no convencional, Cuenca Cuyana, Mendoza" y,

**CONSIDERANDO:**

Que, el proyecto es de gran importancia porque con los resultados se podrá resaltar el potencial de la Formación Cacheuta como reservorio no convencional;

Que, la Dirección de Recursos Naturales Renovables es autoridad de aplicación de la ley N° 6045, la cual tiene por objeto establecer las normas que regirán las áreas naturales provinciales y sus ambientes silvestres, estableciendo en su Art. 5 inc. N) "Promover, facilitar y apoyar las investigaciones científicas en cualquiera de sus formas en las Áreas Naturales Protegidas";

Que, la profesional deberá actuar conforme ley N° 6045 en materia de Áreas Naturales Protegidas y Resolución N° 1243/12 DRNR en materia de Investigaciones Científicas dentro de las Áreas Naturales Protegidas y será responsable de su cumplimiento;

Que, la profesional ha cumplimentado con el Artículo 15° de la Resolución N° 1243/12 DRNR; requisito indispensable para solicitar el permiso de investigación;

Que, la actividad se enmarca en lo dispuesto en la Ley N° 6045 en sus artículos 2° inc. d), 3° inc. f) y h) y 36° inc. c) y g);

Por ello, y en uso de sus atribuciones y las conferidas por las leyes vigentes;

**LA SUB DIRECTORA**

**DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**RESUELVE:**

ARTÍCULO 1°: Autorícese a la Ing. Evarena Fuemmayer DNI N° 95.571.414 y a su equipo de ayudantes de campo detallado en el artículo 2°, a realizar actividades de investigación en la Reserva Natural Divisadero Largo, en el marco del proyecto "Evaluación de la formación Cacheuta como reservorio no convencional, Cuenca Cuyana, Mendoza", la investigación involucra:

1- Realizar un levantamiento de perfil detallado de la Formación, consistente en la descripción de la litología, medición de espesores individuales, y describir la relación que existe entre los diferentes niveles que constituyen esta formación.

2- Tomar muestras representativas de algunos niveles de interés de la Formación Cachuta.

Se utilizará la técnica de relevamiento tipo "Solley", que consiste en describir, medir y dibujar las rocas que afloran en la quebrada el Divisadero Largo. Luego en intervalos determinados se tomarán muestras de roca, para realizar estudios no destructivos de laboratorio para medir propiedades del tipo mineralógico y geomecánicas. Por el periodo de un (1) año a partir de la notificación de la mina.

ARTÍCULO 2º: El equipo de ayudantes de campo está integrado por las siguientes personas:

Nombre y Apellido	DNI o Pasaporte
Guñazú, Lourdes	23.629.963
Alberro, Jorge	12.350.732
Castillo, Juan Pablo	17.166.657
Barraco, Silvia	16.545.441
Sosa, Agustín	30.277.684

ARTÍCULO 3º: Designese responsable ante la Dirección de Recursos Naturales Renovables de las investigaciones autorizadas por la presente Resolución y actividades asociadas a la investigadora: Ing. Evanna Fuernmayor, DNI N° 95.571.414

ARTÍCULO 4º: Las disposiciones contenidas en la Resolución N° 1243/12 DRNR son de observación obligatoria para los beneficiarios de los permisos. En caso de incumplimiento, la o las personas autorizadas quedarán inhabilitadas para realizar cualquier otra tarea de investigación dentro de la jurisdicción de la Dirección de Recursos Naturales Renovables.

ARTÍCULO 5º: Los investigadores deberán presentar a la Dirección de Recursos Naturales Renovables de Mendoza lo siguiente:

- Informe de novedades, este se requerirá en casos en que el grupo investigador detecte durante el desarrollo de su trabajo evidencias que ameriten ser comunicadas a la autoridad de aplicación para su intervención.

- Informe de resultados, se deberá entregar en la DRNR, una vez concluido el plazo de vigencia de la autorización. En el mismo se solicita incluir recomendaciones que el grupo investigador considere necesarias para la gestión y manejo del área natural protegida.

- Informe final, deberá ser entregado al finalizar el proyecto. El mismo, puede ser el documento preparado para su publicación.

En caso de no cumplir con lo establecido en el presente artículo no podrá ser autorizado para realizar nuevas investigaciones en la red de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia.

ARTÍCULO 6º: Los informes se deberán presentar en idioma español y en formato digital a la siguiente dirección [investigadores-anp@mendoza.gov.ar](mailto:investigadores-anp@mendoza.gov.ar), de los resultados de la investigación, para ser adjuntados a la pieza administrativa que da origen al trámite de otorgamiento de la autorización y remisión de copias al Dpto. Áreas Naturales Protegidas y las reservas involucradas.

ARTÍCULO 7º: La autoridad de aplicación deslinda cualquier tipo de responsabilidad ante posibles accidentes que pudieran sufrir los integrantes del grupo de investigación en el ámbito del Área Natural Protegida.

ARTÍCULO 8º: Notifíquese, comuníquese a quienes corresponda y archívese.-

CAICYT 276/08  
Ciudad de Buenos Aires, 07 de julio de 2008

Sr. Editor: **Federación Argentina de Espeleología**

Me dirijo a Ud. para comunicarle que su publicación: **Argentina subterránea**  
ha sido registrada con el **ISSN 1851-894X**

Esta sigla y el número correspondiente deben ser impresos en cada entrega de la publicación en el ángulo superior derecho de la cubierta y en la portada de la publicación, sin ningún tipo de adición.

En el caso de las publicaciones en CD-ROM o disquete, deben ser impresos en las etiquetas y publicado en el staff y en las páginas principales del contenido.

En ambos casos, el editor debe entregar dentro de los próximos 30 días, un ejemplar de esta publicación con el ISSN impreso.

En las revistas en línea el ISSN debe ser publicado en la página principal, en el staff y al pie del sitio. El editor debe dentro de los próximos 30 días informar su publicación a este Centro Nacional y enviar los archivos correspondientes por e-mail.

Recuerde que:

Al solicitar este código Ud. se compromete a:

- ✓ Publicar el ISSN en todas las entregas de esta publicación.
- ✓ Informar al Centro Nacional las novedades o cambios que se produzcan en su publicación (cese, periodicidad, editor, URL, domicilio, etc.)
- ✓ Enviar cada año un ejemplar.

- Los suplementos llevan un ISSN propio.
- Los cambios de título requieren un nuevo ISSN.
- Cada soporte lleva un ISSN propio.

Esta información es procesada en nuestro Centro Nacional, validada e informada al Centro Internacional del ISSN, sito en París, que la distribuye en todo el mundo a través del CD-ROM "ISSN compact" y de Internet y publicada a su vez en BINPAR Bibliografía Nacional de Publicaciones Periódicas Argentinas Registradas la cual puede consultarse gratuitamente en [www.caicyt.gov.ar](http://www.caicyt.gov.ar).

**Dado que el ISSN se otorga al editor de manera gratuita, en todo incumplimiento de los plazos establecidos se procederá según se informa en nota adjunta.**

Para cualquier aclaración, sirvase tomar contacto con:

Ana María Flores  
CNA ISSN / CAICYT

NOTA: La emisión de copias de esta nota tiene un costo de \$10.- c/u

---

Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica  
Saavedra 15 Piso 1° – C1083ACA – Buenos Aires – República Argentina  
Tel.: (54 11) 4951-6975 y 3490; 4954-5467 Tel. /Fax: (54 11) 4951-7310 y 8334 int 17  
Correo electrónico: [issn@caicyt.gov.ar](mailto:issn@caicyt.gov.ar) <http://www.caicyt.gov.ar>

---



**Argentina Subterránea 43**  
**ISSN 1851-894X**  
**Abril de 2018**  
Director: Carlos Benedetto  
[carlos\\_benedetto@fade.org.ar](mailto:carlos_benedetto@fade.org.ar)