1º Congreso Argentino de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente: resúmenes y conferencias / Carlos Costa ... [et al.]. - 1a edición especial - Córdoba: Asagai, 2018.
CD-ROM, PDF

Edición para Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería - ASAGAI
ISBN 978-987-21766-5-5

1. Geología. I. Costa, Carlos
CDD 551
Compilado por: Bunicontro, M. Paula; Sales, Daniel A. y Bejerman, N. Jorge

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente	Lic. Daniel A. Sales
Secretario	Dr. Carlos E. Gardini
Tesorera	Dra. María Belén Roquet
Miembros	Dr. Guillermo Ojeda
	Mgter. Geól. Graciela Sosa
	Mgter. Geól. Daniel H. Origlia
	Lic. Julia Löffler
	Lic. Alejandro E. Celli
	Mgter. Geól. Norberto Jorge Bejerman

CONFERENCIAS

La actualidad de IAEG. Las rocas ornamentales en el contexto de la geología aplicada a la ingeniería

Dra. Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá

El aporte de la información geológica a la caracterización del peligro sísmico: Nuevos enfoques y perspectivas

Dr. Carlos Costa

Estudios geológico-geotécnicos para aprovechamientos hidroeléctricos subterráneos. Casos de obra

Dr. Raúl Sarra Pistone

RESÚMENES

ASPECTOS GEOLÓGICO-INGENIERILES EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS Y PATOLOGÍAS DE TERRENOS

Aguilera, David - Giaccardi, Aldo - Sagripanti Guillermo

Geología forense: utilización de la tomografía eléctrica para la detección de fosas clandestinas.

Antelo Pérez, Belarmino - Bacigalupe, Leandro M.

Caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica del complejo hidroeléctrico Cordón del Plata, provincia de Mendoza.

Balbis, Agustín - Cerutti, Juan Pablo - Destéfanis, Georgina

Importancia de la zonificación y parametrización geotécnica preliminar para proyectos de obras lineales extensas.

Celli, Alejandro E. y Falcioni, Florencia E.

Caracterización de parámetros geo-ingenieriles del macizo rocoso de la formación Santa Cruz en la zona de Cóndor Cliff, Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, República Argentina.

Celli, Alejandro E. y Reynal, Héctor R.

Geología aplicada a la detección de la fuente de filtraciones en la Boca II del túnel de aducción del complejo hidroeléctrico Futaleufú, provincia de Chubut.

Cruz, María Pía - Serrano, Carlos Herminio

Clasificación de suelos para elaborar ladrillos cerámicos Palmar.

Denaro, Juan F. - Sales, Daniel A.

Análisis geotécnico de los taludes de la autovía R.P.N°20, entre el B° Cerros colorados y El Volcán, provincia de San Luis.

Faibiscob, Ezequiel M. - Giubergia, Andrea A. - Pérez, Beatriz L. - Beninato, Miguel A. - Gil-Costa G. Verónica

Desarrollo de inicio de fase en minería a cielo abierto.

Francisca, Franco M. - Malecki, Juan C. - Medrano, Luis - Menin, Juan P. - Palazzesi, Raúl

Análisis de las fundaciones de los aerogeneradores del Parque Eólico Achiras, provincia de Córdoba.

Garcia, Gonzalo - Gil, Verónica

Evaluación preliminar de la ladera del margen izquierdo del río San Juan en la represa de Ullum.

Gómez, Daniel H. - Gardini, Carlos - Sales, Daniel

Estacionamiento subterráneo en el centro cívico histórico de la ciudad de San Luis, evidencias de la existencia de túneles jesuitas. La geología como una herramienta para la determinación.

Guzmán, Jorge - Pereira, Jorge

Identificación de fracturas hidráulicas mediante mapeo fotogramétrico, túnel de acceso personal, Mina Andes Norte Proyecto Nuevo Nivel Mina, CODELCO-Chile.

Médici, María E. - Cortez, Alfredo R.

Influencia de la deformación del suelo en el cálculo de una estructura sismo-resistente.

Morosini, Augusto - Calaza, Sebastián - Ortiz Suárez, Ariel

Análisis de calidad y fracturación en la cantera de granito La Totora, San Luis.

Ortiz Suárez Ariel - Sales Daniel A.

Caracterización estructural y petrográfica de la pertenencia “El Abuelo”, batolito granítico Las Chacras - Piedras Coloradas, provincia de San Luis.

Palma, Alejandro G.

Impacto de vibraciones por voladuras en intersección de túneles. Ruta Prov. N°82. Luján de Cuyo. Mendoza.

Palma, Alejandro G.

Consideraciones geotécnicas y geológicas en la construcción del túnel de enlace Cacheuta-Potrerillos. Ruta Prov. N°82. Luján de Cuyo. Mendoza.

Pereira P., Jorge - Padilla P. René - Valenzuela M. Roberto

Geología y geotecnia sala de chancado N°1 etapa ingeniería de detalle, Mina Andes Norte - Proyecto nuevo nivel mina, CODELCO - Chile.

Soria, María Valentina - Matar, María Angélica - Romero, Marina Elisa - Cano, Ester N.

Aportes para la caracterización de minerales granulares.

Tognelli, G. C. - Basaez, A. C.

Sufusión, un fenómeno ignorado en El Durazno Alto, San Luis, Argentina.

Ulacco, J. Humberto - Torres H. Daniel - Méndez, Carlos J.

Estudio geológico y geotécnico del azud Río Las Chacras, Las Chacras, departamento San Martín, San Luis.

Ulacco, J. Humberto - Torres H. Daniel - Méndez, Carlos J.

Estudio geológico y geotécnico del azud Río Grande, Las Chacras, departamento San Martín, San Luis.

Valoy, Juan Carlos

Método directo para establecer el calado de erosión.

ASPECTOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA ENERGÍA GEOTÉRMICA, LA ENERGÍA HIDRÁULICA, LOS SENSORES REMOTOS, LA GEOQUÍMICA APLICADA Y LA GEOFÍSICA APLICADA.

Aguilera, David - Giaccardi, Aldo - Morosini, Augusto

Alcances en la exploración del subsuelo por tomografía eléctrica para la detección de contaminantes en una estación petrolera.

Bacigalupe Leandro

Sondeos audio magnetotelúricos (AMT) para correlación con perforaciones y sísmica de refracción en el aprovechamiento hidroeléctrico Punta de Vacas (Mendoza).

Chury, Mario R. H - Silva Busso, Adrián A.

Aspectos generales de la relación entre parámetros geomecánicos y resistividad del subsuelo.

Cuello, Leonardo S.- Gómez, Héctor D.

Eficiencia en el análisis de la geoinformación con un Sistema de Información Geográfica (SIG), en actividades mineras.

Cuello, Leonardo S.- Gómez, Héctor D.

Manejo de la geoinformación con un Sistema de Información Geográfica (SIG), un ejemplo, Macizo del Deseado, Santa Cruz.

Cuello, Leonardo S.- Gómez, Héctor D.

Velocidad en la visualización y toma de decisiones de la geoinformación con un Sistema de Información Geografica (SIG), en actividades mineras.

Escayola Mónica P. - Menzel Manuel - Garrido Carlos

Natural geologic CO2 sequestration by mineral carbonation.

Imhof, Armando Luis - Deiana López, Iván Rafael - Fernández, Ezequiel Martín Nivas - Galoviche, Federico Sebastián - Quiroga Sarmiento, Ariel Nicolás

Estimación por GPR de fallas en la compactación bajo un edificio de la Universidad Nacional de San Juan.

Lince Klinger, Federico - Giménez, Mario E. - Gómez, Héctor D. - Gardini, Carlos

Estudio micro-gravimétrico aplicado a la detección de túneles jesuíticos en la Plaza Independencia. Provincia de San Luis.

López Hidalgo, Andrés - Gómez, Daniel H. - Gardini, Carlos

La tomografía eléctrica 2D y 3D como una herramienta de detección, un ejemplo práctico, San Luis.

Luna, Fabio S. -Pascua, Dania - Garrido, Alberto - Cocchiarale, Cristian E. - Liciotti, Emiliano

Relevamiento de arenas naturales para su uso como agente de sostén en el fracturamiento hidráulico

Morosini, Augusto - Giaccardi, Aldo - Aguilera, David

Estudio geoeléctrico como base ambiental para la construcción de un repositorio de lodos y recortes de perforación de la industria petrolera.

Sticco, M. - Lemos M.L. - Barredo, S.P.

Aplicación de la energía geotérmica de muy baja entalpía para climatización. Un caso de estudio de la ciudad de Buenos Aires.

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

Ferrizo, H - Abre, P - Blanco, G - López, V.

Mapa geotécnico de la ciudad de Treinta y Tres, Uruguay.

Garcés Olsen, Guillermo - Pérez, Irene - Ruiz Cobos, Francisco - Oro, Alejandro

Detección y caracterización de deformaciones utilizando técnicas INSAR Y GPS. Aplicación en el estudio del sismo de magnitud 4,7 del 12/09/2015 – Prov. de San Juan– Argentina.

GEOLOGÍA AMBIENTAL

Becker, A - Grumelli, M. - Ossana, J.

Evaluación del carbono orgánico y fosforo disponible por erosión hídrica en el suroeste de Córdoba.

Bin, Ignacio H. - Poklepovic, M. Fernanda - Coniglio, Jorge E. - Demartis, Manuel - Pinotti, Lucio - D'Eramo, Fernando - Carranza, Facundo

La industria vial como una alternativa de mitigación ambiental: caracterización de escombreras de mármoles para su aprovechamiento en capas granulares, Las Caleras, Córdoba.

Buss Jacob, Martín - Basso, Vanina - Zunino, Martín

Manual de buenas prácticas ambientales mineras.

Fantini, Miguel Ángel - Andiarena, Lucas Nahuel - Rodriguez, Juan Cruz

Saneamiento de pasivos ambientales, Yacimiento 25 de Mayo -Medanito SE, La Pampa, Argentina.

Fernández, Guillermo José - Mansilla, Lilyán del Valle - Pastoriza, Pablo

Geomorfología aplicada al estudio de canteras de áridos en la llanura oriental de Córdoba, impactos sobre relieve y vegetación, recuperación y restauración.

Lescano, Leticia - Marfil, Silvina - Sfragulla, Jorge - Bonalumi, Aldo - Maiza, Pedro

Minerales asbestiformes en pasivos mineros de talco, en el área del Cordón del Peñasco, Mendoza.

Lijteroff, Rubén - Borgatello, Gisela - Zamudio, Ramiro

Recuperación y rehabilitación de espacios degradados. El caso de la cantera H.C. de la provincia de San Luis, Argentina.

Maero, Ivana Silvia

Valoración del índice de calidad en un balneario público.

Mena, Mabel - Combina, Ana M. - Heredia, Facundo - Vallejos, Cinthia

Variaciones ambientales registradas en la mineralogía magnética de sedimentos del Dique Los Sauces, Provincia de La Rioja.

Ruffo, Andrés - Lafont, Daniela - Carbajo, Micaela - Albouy, René - Lexow, Claudio

Peligro de contaminación del acuífero freático en la localidad balnearia de Monte Hermoso (provincia de Buenos Aires).

Taverna, Bernardo Daniel - Del Río, Julio Luis - Antenucci, Daniel

Patrón de micro distribución de *Ctenomys Talarum* en su rol como bioindicador en un pasivo de explotación de arenas en dunas costeras.

Torres Morales, Guillermo - Fara Blasco, Raúl Marcelo - Gil Costa, Verónica - Giubergia, Andrea - Amaya, Héctor Maximiliano - Castro Grissi, Carolina

E**fectos medioambientales de las voladuras.**

Violante, Roberto A.

Recursos no vivos del Mar Argentino, su potencialidad y el rol de la geoética en su exploración y explotación.

Viqueira, Mirian - Mutti, Diana

Modelo de rehabilitación cantera de coquina, Las Pipinas, provincia de Buenos Aires.

GEOLOGÍA URBANA Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Gómez, H. Daniel - Tognelli, C. Gabriel - Aranda, Jael - Durán, Nahuel

Los sistemas de información geográfica (SIG) para determinar la susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa en el municipio de Villa de La Quebrada, San Luis.

Grumelli, M. - Becker, A. - Ossana, J.

Definición de unidades ambientales en el sector este del periurbano de la ciudad de Río Cuarto.

Rios, Leonardo Daniel - Ojeda, Guillermo W. - Marchesini, Victoria A.

Evolución morfodinámica fluvial en la sección media de la subcuenca Río Nuevo, San Luis, Argentina.

Sales, Daniel A. - Aguilera, David - Gardini, Carlos - Giaccardi, Aldo – Basaez, Alberto - Chiesa, Jorge

Estudios geológicos aplicados a la factibilidad de un proyecto de relleno sanitario urbano.

Sales, Daniel A. - Gardini, Carlos E.

Caracterización geotécnica del subsuelo de la ciudad de San Luis.

Sosa, Graciela - Ojeda, Guillermo

Influencia de la actividad antrópica en los procesos fluviales en la cuenca del río Potrero. Potrero de los Funes. San Luis.

Villegas, L.G.J. - Pittaluga, M.A.

Modificaciones geomorfológicas recientes. Natural vs antrópico. Caso de estudio: cauce del Río San Juan, Albardón, San Juan, Argentina.

GEOLOGÍA COSTERA

Botero, Camilo M. - Tamayo, Diana

Calidad ambiental recreativa: otra perspectiva de medición del impacto humano en las playas turísticas.

Bunicontro, M. Paula - Marcomini, Silvia C.

Control geomorfológico sobre las inundaciones en Puerto Madryn, provincia de Chubut.

Bunicontro, M. Paula - Marcomini, Silvia C.

Zonificación de la susceptibilidad a la erosión costera en Puerto Madryn, provincia de Chubut.

Correa, María José - Marchionni, Daniela - Del Blanco, Miguel

Alternativas a la explotación de los cordones de conchillas de la costa bonaerense para la preservación del bosque nativo.

Di Martino, Claudina - Albouy, René - Marcos, Angel - Berezosky, Juan José - Ruffo, Andrés

Erosión hídrica costera en el balneario Monte Hermoso, Buenos Aires, Argentina.

Lamas, Juan Nahuel - Nuñez, Martin - Marcomini, Silvia C.- López, Rubén A.

Evaluación de la dinámica costera del Balneario Sauce Grande a partir de perfiles de playa.

López, Rubén - Marcomini, Silvia

Comportamiento de obras de defensa duras en costas de dunas.

López, Rubén - Marcomini, Silvia - López de Gaetano, Santiago

Características y movilidad de los depósitos generados por barreras eólicas en zonas costeras.

Mantecón, Cecilia - del Río, Julio Luis

Aplicación de criterios ambientales a la gestión y gobernanza de playa en el Partido de General Pueyrredón. Efectos jurídicos.

Nuñez Igarzabal, Martín M. - Lamas, Juan Nahuel - López, Rubén - Marcomini, Silvia

Caracterización de la susceptibilidad a la erosión costera en la localidad de Monte Hermoso.

Pereira, Cristina - Madrid, Diego - Correa, Ivan - Pranzini, Enzo - Botero, Camilo M.

Una costa impactada: inventario de intervenciones costeras en el Caribe Colombiano e implicaciones ambientales.

GEOMECÁNICA

Gómez, Facundo M. - Sales, Daniel A.

Caracterización y clasificación geomecánica de los taludes de la autovía Los Puquios, provincia de San Luis.

Miqueo, Romina A. - Mutti Diana I.

Caracterización geomecánica de "Rampa Veta Esperanza SE - Veta Encuentro", Distrito Minero Farallón Negro, Catamarca, Argentina.

Pagano, Diego Sebastián - Ibañes, Oscar Damián - Rubino, José - Frau, Carlos - Maldonado, Graciela

Caracterización de agregados para carpeta asfáltica, Ruta Provincial 30, La Punilla-Río Cuarto, Argentina.

Quiroga, Hugo - Nadal, Daniel - Kunz, Ricardo - Briolini, Nicolas

Monitoreo microsísmico para control de airblast en un SLC.

Sadud Faisal

Geomecánica de rocas de Serranía Aguaragüe Central. Bolivia

Sales, Daniel A. - Costa, Carlos H.

Condiciones geomecánicas de macizos rocosos en frentes de levantamiento: evidencias en el extremo sur de la Sierra de San Luis.

Vendramini, Néstor J. - Cioccale, Marcela A. - Romina V. Robles, Claudio A. Carignano y Eduardo García Aráoz

Caracterización geológica-geomecánica de los emplazamientos de las presas Ing C. Cassaffousth e Ing. B. Reolín, Río Ctalamochita. Provincia de Córdoba.

GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

Bó, M. J. - Halpern, K. - Bazzini, S. - del Río, J. L. - Camino, M.

Análisis geoestadístico de los parámetros morfométricos de las cuencas de drenaje del sudeste bonaerense, otra perspectiva para su interpretación.

Castellanos, George - Jobbágy, Esteban - Houspanossian, Javier

Monitoreo de inundaciones a través de información satelital basada en la nube.

Dufilho, Ana C. - Bertoni, Luciano - Gatica, José

Vulnerabilidad intrínseca de acuíferos en el área protegida Auca Mahuida – provincia de Neuquén.

Flores, Juan Carlos

Sistema de drenaje pluvial urbano de la ciudad de San Luis y su influencia en la planificación urbana.

Giaccardi, Aldo D.

La laguna La Picasa y su influencia sobre la Ruta Nacional Nº 7, provincias de Santa Fe y Buenos Aires.

Lexow, Claudio - Scherger, Leonardo - Pera Vallejos, Guillermo - Bauer, Emiliano

Movilidad de sales por ascenso capilar a partir del acuífero freático en el sector sudoeste de la ciudad de Bahía Blanca.

Mansilla, Lilyán del Valle - Torielli, César Alejandro - Regis, Liliana Beatriz

Valoración de parámetros de forma y red de drenaje de una cuenca afluente del río Cosquín, Córdoba. Argentina.

Morla, Pedro N. - Hauria, Norberto U.

Propuesta de factibilidad hidrogeológica para la construcción de un embalse sobre el río Conlara - San Luis - Argentina.

Segura, Luis - Saracho, Marta - Lobo, Patricia - Leguizamón, Mario

G**estión de los recursos hídricos subterráneos en la cuenca de la falda oriental del** A**ncasti**, C**atamarca.**

Tobarez, María de los Ángeles - Morla, Pedro - Sales, Daniel A.

Las cuencas del arroyo Suyuque Viejo y Paso de la Muerte: su relación con el riesgo de inundabilidad en la localidad de La Punta, provincia de San Luis.

RIESGO GEOLÓGICO

Costello, Marcelo A. - Eremchuk, Jorge E. - Cisterna, Miriam Y.

Determinación de la peligrosidad pluvial en la localidad de San Pedro - Departamento Santa Rosa - Catamarca.

Denaro, Juan F. - Sales, Daniel A.

Análisis de estabilidad y riesgo asociado, de los taludes de la autovía R.P.N°20, entre el B° Cerros Colorados y El Volcán, provincia de San Luis.

Diaz Appella, Belena - Marcomini, Silvia

Caracterización costera de la laguna de lobos y su aplicación al manejo integral de sus márgenes.

Eremchuk, Jorge E.

Geoamenazas por inundaciones de las geoformas fluviales urbanas y rurales de los principales rios del centro y este de la provincia de Catamarca.

Farioli Pereira, Carlos H. - Sales, Daniel A.

Análisis de estabilidad y riesgo asociado de los taludes de precorte del circuito Potrero de Los Funes, Provincia de San Luis.

Gardini, Carlos - Vinuesa, Ana - Sales, Daniel

Análisis de estabilidad y riesgo asociado, de los taludes en el circuito del Dique Nogolí, provincia de San Luis.

Garrido, Natalia - Duhart, Paul - Sepúlveda, Violchen - Fernández, Javier - Hermosilla, Gonzalo - Mella, Mauricio - Quiroz, David - Moreno, Hugo

Aluvión de Villa Santa Lucía 16.12.17. Trabajo interdisciplinario en la emergencia y comunicación a la

comunidad.

Giolo, E. - Calderón, F. - Frau, C. - Pagano, S. - Luján, F. - Cueto, A. - Panella, S.

La técnica del cociente espectral H/V como herramienta para la determinación de estructuras ciegas.

Gómez, Facundo M. - Sales, Daniel A.

Análisis de estabilidad y riesgo asociado de los taludes de la Autovía Los Puquios, provincia de San Luis.

Ocaña, Emmanuel - Suvires, Graciela

Dinámica y evolución de suelos de una región árida y su impacto en las propiedades de infiltración.

Parra, Lorenzo

Riesgo geológico por deslizamiento de laderas en el complejo turístico de Termas de Fiambalá. Departamento Tinogasta. Provincia de Catamarca. República Argentina.

Pereyra, F. X.

Las inundaciones del noreste de Salta del verano del 2018.

Sadud, Faisal

Mapa de susceptibilidad de licuefacción potencial ciudad de Santa Cruz de la Sierra - Bolivia.

Sepúlveda, Violchen - Duhart, Paul - Garrido, Natalia - Fernández, Javier - Mella, Mauricio - Hermosilla, Gonzalo - Quiroz, David - Moreno, Hugo.

C**aracterísticas geológicas de la remoción en masa que afectó** V**illa** S**anta** L**ucía**, R**egión de Los Lagos**, C**hile** 16-12-2017.

Schiava, Ricardo - Castellano, Juan - Ávila, Edgardo

El Loess de Santiago del Estero. Características generales. Peligro geológico y riesgos geotécnicos. Colapso. Tubificación. Grietas. Cárcavas. Experiencia en obra de la ingeniería civil.

Vinuesa, Ana - Gardini, Carlos - Sales, Daniel

Análisis geotécnico de taludes en el circuito del Dique Nogolí, Depto. Belgrano, San Luis

WORKSHOP ROCAS ORNAMENTALES Y ROCAs DE APLICACIÓN

del Río, Julio Luis - Oyarbide, Fabricio

La minería de áridos y rocas de aplicación en el Partido de General Pueyrredón, desde la investigación acción participativa.

Lofeudo, Rosana - Coelho dos Santos, Gabriela - Traversa, Luis - Iloro Fabián

Relevamiento integral de la Bóveda Tetamanti del cementerio de La Plata revestida en distintos tipos de roca

Picado, Estefanía - Acevedo, Rogelio D. - de Barrio, Raúl E.

Estudio geológico-geoeconómico de las rocas dimensionales de la Isla Grande de Tierra del Fuego.

EL APORTE DE LA INFORMACIÓN GEOLÓGICA A LA CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA: NUEVOS ENFOQUES Y PERSPECTIVAS

Dr. Carlos H. Costa,
Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis.
Ejército de los Andes 950 - 5700 San Luis.
costa@unsl.edu.ar

Los terremotos corticales someros están localizados en fallas sismogénicas. No obstante, la información que aportan las estructuras geológicas no son muchas veces tenidas en el análisis de la amenaza sísmica (SHA). En muchos casos, ello es debido a que los datos requeridos son desconocidos o se encuentran en un formato diferente al utilizado en los modelos de cálculo. Muchas fuentes sismogénicas corticales sudamericanas están caracterizadas por períodos de recurrencia mucho mayores (> 1ka) que el corto intervalo temporal cubierto por el catálogo sísmico, por lo que el SHA solamente basado en datos sismológicos, puede resultar en una subestimación de la amenaza sísmica para ciertas áreas o estructuras.

Recientes experiencias en la recopilación de información geológica para su uso en SHA, destacan que los datos de fallas presentan incertidumbres importantes respecto a parámetros geométricos y cinemáticos claves para la caracterización de fuentes sísmicas, tales como longitud/área de ruptura probable y tasas de movimiento. La información neotectónica ha sido obtenida considerando principalmente la expresión en el terreno y representación cartográfica tradicional de una estructura, antes que como visualización de ruptura 3D. Es por ello que los criterios de carteo tradicionales necesitan adaptarse a los requerimientos del modelado de amenaza para su uso ingenieril o de ordenamiento territorial en general, ya que los datos geológicos son requeridos de manera creciente y su uso se ha establecido como práctica estándar en el SHA a nivel mundial.

Paralelamente, en los últimos años han surgido conceptos novedosos sobre las características y problemática de las deformaciones sísmicas del terreno, que introducen nuevas complejidades pero también ofrecen nuevas perspectivas para la contribución de la información geológica al SHA.

Muchas de las principales áreas urbanas sudamericanas y algunas facilidades críticas, se encuentran en cercanías de fallas cuyo potencial sísmico se conoce en forma incompleta, ha sido puesto de manifiesto por terremotos destructivos o peor aún, no ha sido estudiado. En este contexto, la aplicación de la información geológica en SHA presenta interesantes desafíos para la interacción entre geólogos como proveedores de datos e ingenieros como usuarios de la información.

Se analizan y ejemplifican en la presentación, algunos de los puntos aquí enunciados.

IAEG E ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONTEXTO DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá
MHB Serviços Geológicos
Vice-presidente da IAEG para a América do Sul

Geologia de Engenharia, segundo o estatuto da IAEG de 1964, era uma ciência que envolvia "as aplicações das ciências terra à engenharia, planejamento, construção, prospecção, e teste e processamento dos materiais relacionados". As preocupações relativas ao meio ambiente, que se tornavam bastante relevantes, foram incorporadas esta definição em 1992, passando a ser entendida como a "ciência dedicada à investigação, estudo e solução dos problemas de engenharia e ambientais que possam surgir como resultado da interação entre a geologia e os trabalhos e atividades do homem...".

A IAEG (http://iaeg.info/), efetivamente, é a congregação de grupos nacionais ligados à geologia de engenharia dos diferentes países. Em 2017, contava com 42 países participantes e cerca de 4.400 membros, cuja afiliação ocorre, necessariamente, por meio dos seus grupos nacionais.

O "Bulletin of Engineering Geology and the Environment" é o principal veículo para a divulgação das pesquisas e casos da geologia de engenharia, sendo editado trimestralmente pela Springer-Verlag (https://link.springer.com/journal/10064) desde junho de 1970, com a publicação de cerca de 3.200 artigos e fator de impacto de 1,901, em 2017.

Visando promover a cooperação internacional entre os geólogos e engenheiros no campo geotécnico e em temas ambientais, a IAEG constituiu várias comissões técnicas. Atualmente são 17 comissões tratando de temas como ensino, agregados, rochas ornamentais, resíduos sólidos, áreas contaminadas, modelagem geológica e escorregamentos entre outros.

A comissão de rochas ornamentais, uma das mais antigas da IAEG, foi criada e presidida por Asher Shadmon (um dos fundadores e 1º presidente da IAEG). Ao longo do tempo tratou de temas como caracterização tecnológica das rochas, usos e problemas relativos ao uso; promoveu os materiais rochosos de diversos países por meio de publicações da UNESCO; e mais recentemente, tem tratado da conservação e preservação de rochas, em especial aquelas empregadas no patrimônio construído.

Em 2016, visando à melhoria e modernização da sua gestão, a IAEG criou comitês ligados à elaboração e implementação de plano estratégico de gestão, ao relacionamento com empresas e à atuação de jovens profissionais, este refletindo a preocupação com o rejuvenescimento e continuidade da associação.

ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PARA APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS. CASOS DE OBRA

Raúl Sarra Pistone (PhD, MSc)
COBA, Consultores de Ingeniería y Ambiente. Lisboa Portugal.
r.pistone@cobagroup.com

Los aprovechamientos hidroeléctricos han sido objeto de estudios geológico-geotécnicos de pormenor prácticamente desde que fue necesario garantizar la estanqueidad de la fundación de las presas y la capacidad de los macizos de fundación para soportar las tensiones y deformaciones que le son impuestas por las presas. Las obras subterráneas asociadas a los emprendimientos hidroeléctricos adquieren importancia creciente desde la construcción de túneles para el desvío del río hasta el diseño integral del circuito hidráulico en subterráneo, incluyendo obviamente la casa de máquinas y obras complementarias como las chimeneas de equilibrio, cavernas para compuertas y para transformadores, etc. Una vez que se opta por un circuito subterráneo cobran importancia también los túneles y galerías de acceso, ya sean constructivos o definitivos.

La definición del modelo geológico-geotécnico depende del programa de prospección y ensayos que sea implementado y ejecutado. El Informe Geotécnico de Base (GBR, sigla de su denominación en inglés) es de fundamental importancia para el Dueño de la Obra pues le permite llamar a licitación de interesados, cualquiera sea la modalidad contractual, con una base sólida de conocimiento del terreno, que es de su responsabilidad. También es de fundamental importancia para el Proyectista, particularmente cuando se trata de obras subterráneas. Lo es también para el Constructor pues además de permitirle una planificación realista de la obra, constituye una referencia contractual en relación a la cual se contabilizarán los desvíos. También lo es, aunque todavía no sea obvio, para las entidades que operan el complejo, pues sólo así se podrán interpretar los resultados de los instrumentos de auscultación y eventuales patologías, además de planificar adecuadamente las fases de mantenimiento.

Se presentan los diversos tipos de técnicas de prospección y ensayos más utilizados, los modelos conceptuales, técnicas de zonificación y clasificación de macizos, así como algunos modelos matemáticos de integración de las estructuras en el ámbito geológico investigado. Se discuten algunos casos de estudio de grandes obras hidroeléctricas subterráneas como aplicación concreta de los conceptos presentados.

El aprovechamiento hidroeléctrico de **Salamonde II** localizado en el rio Cávado, en el Norte de Portugal. Se sitúa en las inmediaciones del Parque Natural Serra do Gerês, lo que impuso límites de encuadramiento ambiental a su concepción, construcción y operación. El actual aprovechamiento constituye un refuerzo de potencia de la central en caverna existente, construida en 1953. El refuerzo de potencia significó la instalación de 206 MW adicionales, en una nueva caverna excavada a una distancia de unos 70 m de la anterior, ambas vinculadas por un túnel construido con el sistema de *raise-boring*.

El circuito hidráulico (Figura 1) es totalmente subterráneo con unos 2 200 m de extensión que aprovecha un salto hidráulico de unos 118 m, correspondientes a la diferencia de cota de almacenamiento máximo de las presas de Salamonde y de Caniçada, ambas existentes.

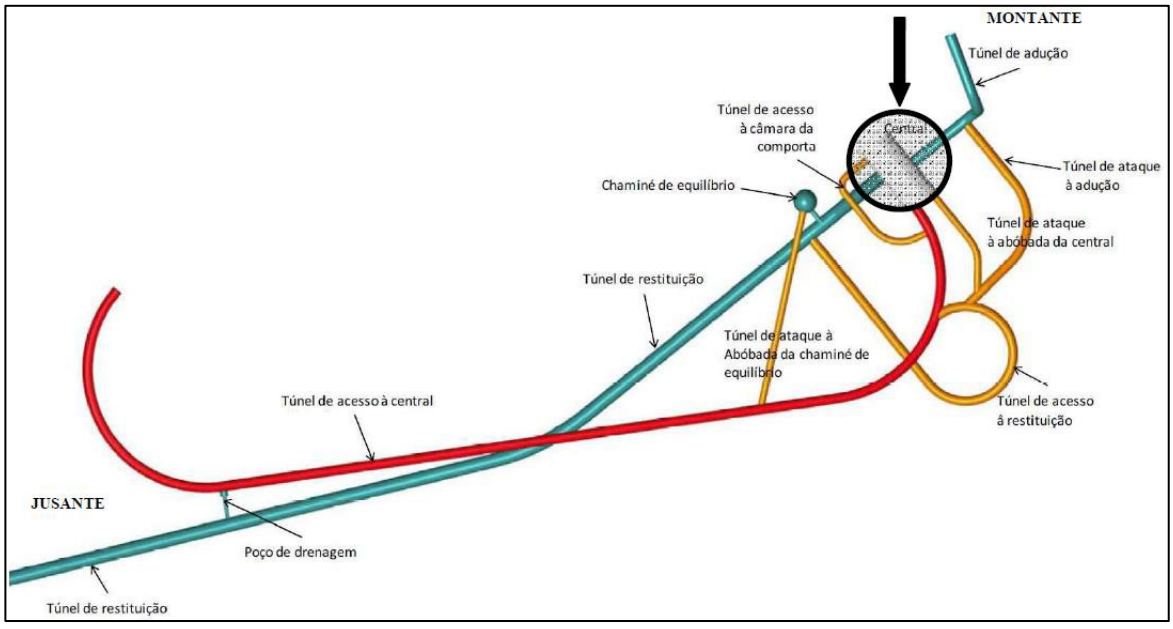
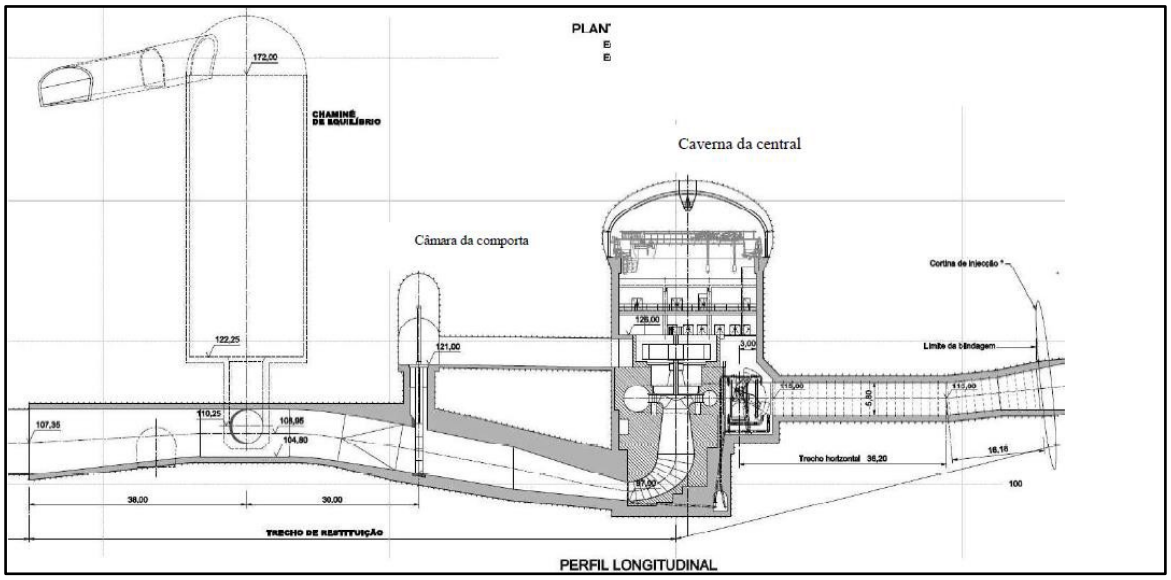


Figura 1. Diagrama esquemático de las obras subterráneas del refuerzo de potencia de Salamonde y localización de la caverna principal

La caverna para la nueva central tiene una planta rectangular con un área de 66 x 27 m2 y una altura máxima de 45 m. Merece destaque también la Chimenea de Equilibrio formada por un trecho inferior en sección cilíndrica con 20 m de diámetro y 50 m de altura, culminando en una bóveda semiesférica de 21 m de diámetro, que durante la construcción fue modificada a un semicilindro por razones constructivas.

Además de estas obras principales, fueron construidos un túnel de restitución con unos 2 km de longitud, dos túneles a presión que unen la obra de toma de agua y la central, y más de 1,5 km de túneles de acceso, ligaciones, sistemas de ventilación y desagüe de emergencia.

En términos geológicos, la zona de implantación del complejo se encuentra en la unidad estructural paleogeográfica Centro Ibérica, en la formación correspondiente al macizo granítico de Gerês. Toda la región de encuentra densamente fracturada con orientación general NNE-SSW. Para la localización de las obras principales del complejo se procuró identificar un bloque de macizo estable, sin fracturas y fallas de grande expresión. En términos sísmicos la zona se clasifica como de baja sismicidad.

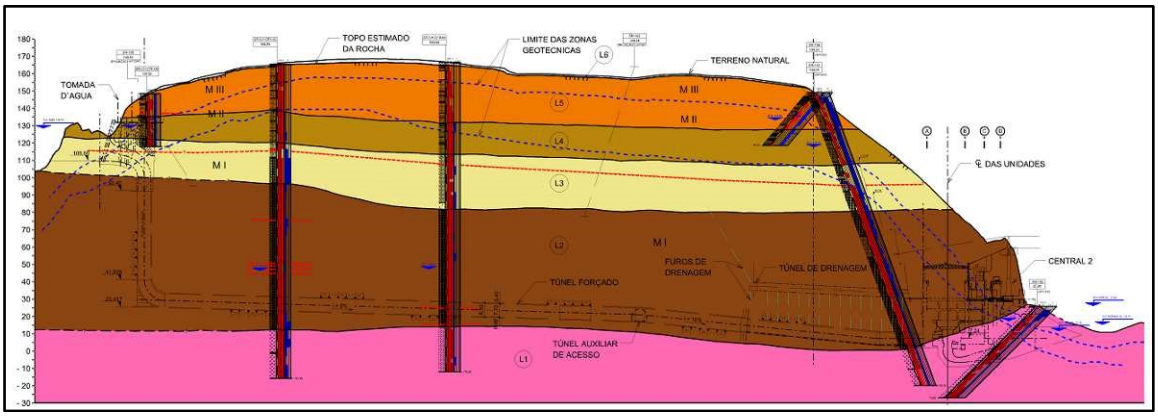


Sección transversal del circuito hidráulico, incluyendo la caverna de la Central y la Chimenea de Equilibrio

En la conferencia serán presentados los estudios más significativos, ensayos de laboratorio e in situ, incluyendo la medición de tensiones naturales utilizando células de inclusión y sobre-perforación. Será también abordado el dimensionamiento geotécnico de las excavaciones subterráneas utilizando métodos de elementos finitos en 2D y 3D, y de equilibrio límite para calcular la estabilidad de bloques potencialmente inestables. Serán discutidos los resultados del programa de auscultación implementado para las obras principales y comparados con los datos resultantes de los cálculos de proyecto.

El aprovechamiento hidroeléctrico de **Cambambe** se ubica al norte de la provincia del Kwanza, en Angola, a 180 km de la capital Luanda. La Central 2, construida recientemente para potenciar la Central 1, construida en la década del 60, que incluyó la ejecución de una presa de hormigón, en arco de doble curvatura, de 68 m de altura y circuito hidráulico, con central en caverna, para instalar una potencia de 260 MW. El nuevo circuito hidráulico concluido en 2016 se caracteriza por 4 estructuras de tomas de agua, de 23 m de altura, 4 túneles de presión, con dos tramos distintos, la primera parte en pozo (67 m de desarrollo y revestimiento definitivo en hormigón armado) y la segunda en túnel con 10 % inclinación (revestimiento definitivo en hormigón armado – 350 m y blindaje en los últimos 100 m). La central fue excavada en pozo, en un área en planta de, aproximadamente, 26 m x 132 m. Implicó la excavación de un talud de más de 150 m de altura.

La campaña de prospección de la zona de intervención consistió esencialmente en la realización de 13 perforaciones a rotación, verticales e inclinadas, con recuperación de testigos, y profundidades variables entre 30 m y 181m. El macizo es esencialmente rocoso, siendo caracterizado por dos unidades principales representadas, en forma ascendente, por el sustrato cristalino, compuesto por diferentes rocas ígneas y metamórficas (granitos, granodioritas, gneisses e intrusiones filoníticas), superpuesto por un macizo sedimentario, constituido por estratos subhorizontales, que incluyen un conglomerado basal, cubierto predominantemente por areniscas y limolitas intercaladas. Las excavaciones a cielo abierto se realizaron esencialmente en el macizo sedimentario, siendo la parte subterránea ejecutada predominantemente en el conglomerado basal.



Cambambe – Corte geológico por el circuito hidráulico

El aprovechamiento hidroeléctrico de **Laúca** se ubica al sur de la provincia del Kwanza Norte, en Angola. Permitirá instalar un total de 2070 MW. Consta de una presa de gravedad en hormigón compactado con cilindro, de 132 m de altura máxima y un circuito hidráulico totalmente subterráneo, compuesto por una toma de agua con seis pozos circulares, seis túneles de presión, de unos 1900 m cada uno y una central principal subterránea, proyectada para seis grupos generadores. Además del circuito hidráulico principal, el emprendimiento tiene además una central ecológica en el pie de la presa (65 MW) con acceso en túnel.

Entre las obras subterráneas de mayor envergadura se destaca la central principal que alberga seis grupos Francis de 344 MW cada uno, ubicada en una caverna de grandes dimensiones: 51 m de altura, 21 m de ancho y 302 m de longitud, a una profundidad de unos 100 m bajo la ladera del parque de transformadores. Los túneles de presión, seis en total, uno para cada grupo generador, tienen una sección de unos 102 m^2, revestidos con hormigón proyectado, excepto en las zonas de falla donde el revestimiento es de hormigón encofrado. Los túneles de presión tienen una longitud total de unos 12 km e implican una excavación de 1,1 millones de m3. A partir de la toma de agua, se excavaron seis pozos, uno por cada túnel de aducción, de 8 metros de diámetro y 70 m de altura.

Completan el conjunto de las obras subterráneas los seis túneles de restitución, las respectivas galerías de blindo-barras, el túnel de ventilación, el túnel de acceso principal y las galerías auxiliares de acceso. Los portales de todos estos túneles fueron excavados desde la ladera del parque de transformadores y, desde el extremo opuesto, de la ladera aguas abajo de la excavación de la presa (margen derecha). El acceso originalmente previsto a la central ecológica, presentaba excavaciones hasta 50 m de altura y zonas de relleno, con 35 m de altura. En la fase de proyecto de ejecución, por cuestiones técnico-económicas y medioambientales, se decidió cambiar el trazado y construir parte del trazado en túnel, con cerca de 615 m de desarrollo.

Las formaciones geológicas existentes en el lugar de las obras son esencialmente de carácter rocoso, siendo caracterizadas en sus cotas superiores por un macizo sedimentario constituido por areniscas y limolitas. Subyace al complejo anterior, un macizo cristalino, de características cratónicas, constituido por gneiss y migmatitas, en el que están situadas la gran mayoría de las excavaciones subterráneas. Las formaciones paleozoicas de rocas metasedimentarias fueron depositadas en discordancia erosiva subhorizontal sobre un basamento cristalino precámbrico, con aproximadamente 100 m de espesor. El conjunto sedimentario está compuesto por metareniscas, metarcosas, metalimolitas y brechas conglomerádicas. La presa se construyó en un cañon del río con paredes prácticamente verticales de hasta 100 m de altura. En la región de la presa, pocos metros sobre el lecho del río. Prácticamente todo el complejo de túneles y la caverna para la central principal están posicionados íntegramente en el macizo cristalino.

En la fase inicial de los estudios se realizó un total de 25 perforaciones, con recuperación de testigos y ensayos de sísmica de refracción y electro-resistividad. En la fase de Proyecto de Ejecución, se realizaron otras 27 perforaciones y una campaña de 28 ensayos de hidro-fracturación sobre discontinuidades pre-existentes (EBPF), así como ensayos de pérdida de agua a presión en los seis túneles de presión. Los ensayos HTPF se realizaron con una presión máxima de 7,0 MPa en las perforaciones ejecutadas a partir de la solera de los túneles y de 3,8 MPa en las perforaciones en los pilares entre los túneles. Estos ensayos permitieron evaluar el estado tensional del macizo y verificar su estanqueidad bajo las altas presiones instaladas durante la operación.

Laúca - Caverna de la Central Principal. Aplicación del soporte

MÉTODO DIRECTO PARA ESTABLECER EL CALADO DE EROSIÓN

Juan Carlos Valoy
Consultora de Ingeniería y Geología - CINGEO
cingeo@gmail.com

I) INTRODUCCIÓN

Numerosos puentes, obras de arte menores y defensas de márgenes colapsan, porque sus fundaciones, apoyan a profundidades, que no superan el espesor del lecho móvil, también llamado **Calado de erosión máximo.** Existen métodos analíticos para ponderar el calado de erosión, pero todos requieren, estudios hidrológicos, topográficos y Geotécnicos complejos, para obtener los parámetros para el cálculo.

Para las obras medianas, públicas y privadas, frecuentemente no se ejecutan estos estudios por ser onerosos en relación a la magnitud física y económica de la obra, o porque se pondera la profundidad del calado de erosión por comparación con obras similares. Cada río, su cuenca y el clima tienen un comportamiento muy aleatorio, las extrapolaciones no fueron acertadas en muchos casos y es la causa más frecuente de colapso de los puentes y defensas. También numerosos ductos enterrados fueron destruidos por colocarse en cotas superiores al nivel de erosión máximo.

El método para establecer el espesor del lecho móvil que se presenta, pretende contribuir a que se pueda ponderar el espesor del lecho móvil de manera sencilla y a bajo costo, que se complementa con un análisis hidrogeológico de campo también sencillo y una fórmula que requiere parámetros medibles en campo.

En la práctica el Método consiste en 2 ensayos que se usan concatenados entre sí para ponderar el CALADO DE EROSIÓN o LECHO MÓVIL. Además se ejecutan observaciones y mediciones hidrológicas "In situ", para cotejar los resultados obtenidos por métodos directos con una teoría más usada para el cálculo de la socavación general del cauce, que llamamos METODO ANALITICO EXPEDITIVO.

Los ensayos mencionados son el ENSAYO (S.P.T) O SEA ENSAYO DE PENETRACION STANDARD y el ENSAYO DE RESISTIVIDAD.

El ensayo S.P.T se ejecuta según la Norma ASTM- D156-84 y se efectúa cada 0,50 m y hasta profundidades entre 4 y 7 m y se puede usar la sonda llamada PUNTA PALMER (Terzaghi sólido).

El ensayo de Resistividad, se usa en algunos casos y consiste en el conocido sondeo eléctrico vertical (SEV) con el Método de Schlumberger. La Resistividad varía significativamente con la presencia de la fracción fina y del estado de alteración de las micas en cauces con arenas micáceas.

El MÉTODO EXPEDITIVO PARA APLICAR TEORÍA DE LISCHTVAN-LEVEDIEV requiere las siguientes operaciones:

1. Inspección del cauce en la forma de la traza y la naturaleza de su cauce activo.
2. Se mide en forma expeditiva su pendiente media en m/m en 1000 m de cauce (Nivelación geométrica rápida).
3. Granulometría total de los materiales del cauce.
4. Determinar la altura máxima del Agua por observación Directa o por Métodos Estadísticos

Se usa para el cálculo la teoría de LISCHTVAN-LEVEDIEV que a continuación se transcribe:

$$(Hs)^{(1+x)} = \frac{(Ho)^{5/3} x (i)^{1/2} \times 1/n}{0{,}68 \times (dm)^{0{,}28} \times \beta}$$ (Para materiales granulares)

Hs = Calado total, agua + lecho móvil, en metros.
Ho =Tirante líquido máximo en tiempo de recurrencia elegido.
i = Pendiente promedio del cauce en m/m.
dm = Diámetro medio de los materiales del cauce
β = Coeficiente de recurrencia.
n = Coeficiente de rugosidad de Manning.
x = Coeficiente en función de (dm).

En el caso de los suelos cohesivos la fórmula es:

$$(Hs)^{(1+x)} = \frac{(Ho)^{5/3} x (s)^{1/2} \times 1/n}{0{,}60 \times (\gamma_d)^{1{,}18} \times \beta}$$

II) RESULTADOS

A) Los valores directos obtenidos con el Método de campo (Método del S.P.T) se cotejan con los valores obtenidos con el cálculo Analítico. En la práctica los valores obtenidos difieren entre el 10 y el 25%, se puede tomar un promedio o el valor mayor para estos del lado de la seguridad.

B) Los Métodos están indicados para cauces de naturaleza arenosos y gravo arenosas y en menor medida para cauces con fondos de suelos cohesivos y/o de rocas sedimentarias, para estos casos los valores son aleatorios y pueden ser muy elevados, cuando el cauce corta en su traza suelos loésicos muy erosionables, requieren un análisis especial.

CASO PRÁCTICO

Se transcriben los valores obtenidos en un caso real, donde se aplicó el METODO DIRECTO (S.P.T) + Resistividad y a su vez el METODO ANALITICO con datos de campo.

Obra: Reparación Puente Ferroviario sobre Rio Balderrama - Tucumán
Lugar: Rio Balderrama Pilas N°7 y N°8 y estribo Norte.
Comitente: Empresa Nieto S.R.L.

MÉTODO DIRECTO

Se adjuntan los perfiles N°2 y N°3, donde figuran datos del ensayo S.P.T y el espesor del Lecho Móvil donde se pondera un calado de erosión de 3,60 a 4,30 m, teniendo en cuenta los valores de S.P.T y los valores de la Resistividad de los materiales del cauce

MÉTODO ANALÍTICO:

Hs = Calado total, agua + lecho móvil, en metros.
Ho = Tirante líquido máximo = 2,50 m
i = Pendiente promedio del cauce en m x m = 0,001 m/m
dm = Diámetro medio de los materiales del cauce = 0,96 mm
β = Coeficiente de recurrencia para 50 años = 0,82
n = Coeficiente de Manning = 0,020
x = Coeficiente en función de γ = 0,40
Reemplazando valores tenemos:

$$(Hs)^{(1+0,40)} = \frac{(2,50)^{5/3} \times (0,001)^{0,5} \times 1/0,020}{0,68 \times (0,96)^{0,28} \times 0,82} = \frac{7,27}{0,552} = 13,17 \text{ m}$$

$$Hs = (13,17)^{0,714} = 6,30 \text{ m}$$

$$\Delta H = (Hs - Ho) = (6,30 \text{ m} - 2,50 \text{ m}) = \mathbf{3,80\ m\ \ (Calado\ de\ Erosión)}$$

III) CONCLUSIONES

Los métodos descriptos son sencillos y de bajo costo, sin embargo sus resultados son confiables por ser Métodos Directos y que se puede completar con las fórmulas analíticas, con parámetros obtenidos “In situ” también.

El coeficiente de seguridad más usado por los proyectistas de puentes es de 1,5.

Los resultados obtenidos con modelos matemáticos digitalizados y con mayor información topográfica, hidrológica y climática solo difieren un 20% como máximo con los Métodos descriptos.

En todos los casos la observación geológica general de la cuenca no debe soslayarse nunca.

REFERENCIAS

Bowles - Joseph – Análisis granulométrico Mecánico – Norma ASTM D-421 58 – D422 63.
Badillo Juarez- Rico Rodriguez – Mecánica de los Suelos- Capítulo N°1
Socavación – Teoría de Lischtvan-Levediev.
Orellana Ernesto – Harold – M. Mooney – Sondeos eléctricos verticales- Interciencia Madrid 1966.
Norma ASTM – D 1586-84 – Ensayo de Penetración Normalizada (SPT)
Lic. Valoy Juan Carlos e Ing. Pujana Mabel – Estudios para fundaciones de Puentes con cálculo de calado de erosión – Informes inéditos de la Consultora CINGEO.

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL AZUD RÍO LAS CHACRAS, LAS CHACRAS, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, SAN LUIS.

J. Humberto Ulacco[1]; H. Daniel Torres[2] y Carlos J. Mendez[3]
[1] *Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis*
[2] *Departamento de Minería, Universidad Nacional de San Luis*
[3] *Consultor Privado*
humbertou@gmail.com; hectordaniel.torres@gmail.com; carlosjmendez67@gmail.com

El objetivo del estudio fue realizar la caracterización geológica y estructural, con especial énfasis en las particularidades geomecánicas del macizo rocoso, en la zona de cierre del Azud ubicado sobre el río Las Chacras, Departamento San Martín, Provincia de San Luis. Además, se confeccionó un mapa geológico - estructural de detalle correspondiente a los sectores de mayor interés, el cual contiene la información necesaria para el desarrollo del proyecto ingenieril.

El área estudiada se ubica aproximadamente a 150 km de la ciudad de San Luis, a 12 km al sureste de la localidad de Las Chacras (Figura Nº 1).

La Sierra de San Luis está conformada por rocas ígneas y metamórficas, predominando estas últimas. Entre ellas se encuentran pizarras, filitas, esquistos, gneises y migmatitas. Estos afloramientos se encuentran parcialmente cubiertas por sedimentos modernos.

La estructura regional puede ser dividida en dos estilos tectónicos diferentes. Uno antiguo (Precámbrico - Paleozoico) que imprime los rasgos estructurales de las rocas metamórficas y dentro del cual se han reconocido tres fases de deformación que dan origen a la esquistosidad y foliación de rumbo predominante Norte - Sur. El segundo, es el estilo tectónico Andino (Terciario), en el cual el basamento se comporta como un elemento rígido, fracturándose ante los esfuerzos. Las estructuras consisten en fallas inversas de alto ángulo, de rumbo Norte - Sur que configuran la típica morfología de bloques basculados con perfiles asimétricos, de pendientes occidentales abruptas y orientales suaves y extendidas. Asociado a este fallamiento Norte - Sur se encuentran fracturas de rumbo aproximado NO-SE.

Las rocas representadas en la zona de estudio corresponden a esquistos, escasas cuarcitas, y rocas plutónicas y filonianas, estas últimas representadas por granitos, diques aplíticos y vetas pegmatíticas. Particularmente en la zona donde se enclava el proyecto, afloran rocas graníticas pertenecientes al Stock Las Chacras (Figura Nº 2), que forma parte del Batolito homónimo. Los esquistos y cuarcitas conformar afloramientos que se encuentran formando parte del techo del plutón granítico (Figura Nº 4). Los primeros son de grano fino, compuestos por cuarzo y biotita, a veces turmalinizados, su esquistosidad general tiene rumbo N 35º O (325º) y buzamiento de 85º al SE.

En el sector predomina un granito de coloración rosada a grisácea, presentando escasas variaciones de color de rosa a rosa claro. La textura es fundamentalmente porfiroide con fenocristales de feldespato potásico. La pasta es granuda y está compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y biotita.

Las estructuras que afectan a las rocas del área son del tipo frágil, representadas por un fracturamiento regional y un diaclasamiento generalizado. Las primeras son las más importantes en cuanto a magnitud y grado de afectación, con expresiones morfológicas tales como quebradas rectilíneas con relleno sedimentario moderno, éstas poseen rumbos predominantes que oscilan alrededor de NE – SO, NO – SE y subordinadas N – S y E – O (Figuras Nº 4). Presentan un diseño grueso y espaciado en las imágenes y fotografías aéreas (Figura Nº 4) desarrolladas en el granito.

Las diaclasas son las más importantes para el estudio detallado que se llevó a cabo. Los sistemas principales poseen rumbo N 40 – 50º E y N 50º O con buzamientos verticales a subverticales, predominando hacia el NE y SE (Figura Nº 7). Subordinadas se encuentran planos sub-horizontales.

La alteración de las rocas en la zona es un aspecto de interés, observándose que fundamentalmente, el granito y escasos afloramientos de esquistos, algo alejados de la referida zona, poseen una muy baja a nula alteración de sus minerales constitutivos.

Se realizó la descripción cuantitativa de discontinuidades en masas rocosas según la Clasificación de la International Society for Rock Mechanics (Brown, 1981). En tal sentido, se midieron los siguientes parámetros con el fin de caracterizar el macizo rocoso: orientación de los planos de diaclasas, espaciamiento, continuidad o persistencia de un plano, abertura, rugosidad, relleno, filtraciones, resistencia a la matriz rocosa (Ferrer y González de Vallejo, 1999).

Se aplicaron los Índices de Calidad de la Roca RQD (Rock Quality Designation), RMR (Rock Mass Rating) (Bieniawski 1973, 1979 y 1989) y Q (rock mass quality) (Barton et al. 1974), con las restricciones del caso, dado que el estudio es superficial y necesita realizar ensayos para tener mayores precisiones sobre la calidad de la roca. Se aplicó también, una correlación entre los índices Q y RMR.

Las observaciones permitieron establecer que la geología de la zona estudiada está conformada principalmente por rocas granítica con escasa a nula presencia de esquistos. El grado de fracturamiento de las rocas es moderado a relativamente bajo y su alteración escasa a nula.

Se midieron parámetros tales como orientación, espaciamiento, continuidad o persistencia de un plano,

abertura, rugosidad, relleno y filtraciones de las fracturas observadas. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Orientación: existe una escasa dispersión de las diaclasas, donde las predominantes tienen rumbos N 40 – 50º E y N 50º O con buzamientos verticales a subverticales, predominando hacia el NE y SE. Subordinados se encuentran planos sub-horizontales.

Espaciamiento (S): El espaciamiento de las diferentes diaclasas varía entre 0,2 y 5 m, aunque la mayoría de los valores se encuentra entre 0,5 y 1,20 m.

Continuidad: Los planos en general poseen una persistencia que oscila entre 0,25 a 16 m, como valores mínimos y máximos respectivamente, aunque normalmente están entre 0,5 a 4 m.

Abertura: las aberturas de las fracturas en general se presentan abiertas (principalmente en la margen derecha), en la izquierda oscilan entre cerradas a valores bajos de apertura (2 a 5 mm).

Rugosidad: las discontinuidades poseen superficies generalmente rugosas a levemente rugosas, siendo menos abundantes las lisas.

Relleno: Los rellenos son escasos a nulos, puede llegar a observarse, pátinas óxidos de hierro y manganeso.

Filtraciones: Al estar predominantemente abiertas es probable que posean filtraciones.

La resistencia de la matriz rocosa indica que el granito corresponde a la clase R5 (Roca muy dura) y mucho más escasa la clase R4 (Roca dura).

Los valores de RQD determinados indican que la calidad varía entre Buena a Muy Buena. Destacándose que los valores más bajos coinciden con la disminución de la resistencia de la matriz rocosa.

El índice Q califica a la roca de Regular calidad.

El índice RMR indica rocas de Clase II a I, de Buena a Muy Buena calidad.

Como se puede observar, si se realiza una valoración media de los tres índices determinados (RQD, Q y RMR), la roca sería de Buena calidad geotécnica.

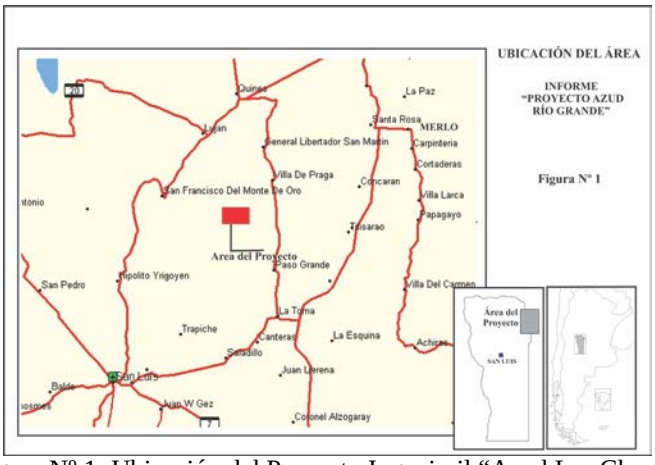


Figura Nº 1: Ubicación del Proyecto Ingenieril "Azud Las Chacras".

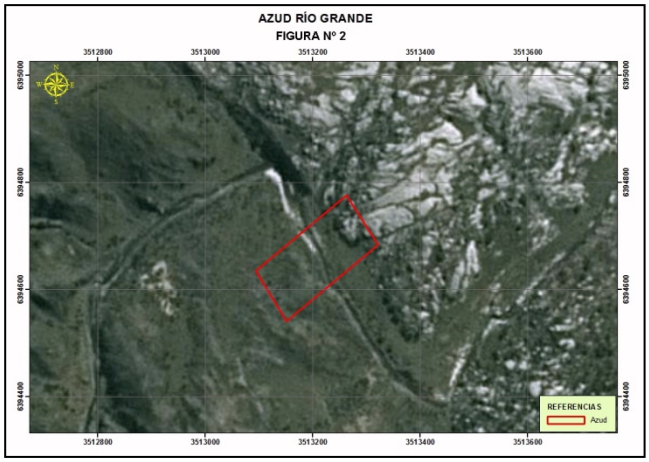


Figura Nº 2: Sector de emplazamiento del Azud.

Referencias

Barton, N., Lien, R. and Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for design of tunnel support. Rock Mech. 6 4, pp. 189–236.

Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Tran. S. Afr. Inst. Civ. Eng 15, pp. 335–344.

Bieniawski, Z.T., 1979. The geomechanics classification in rock engineering applications. ISRM Proceedings of the Fourth International Congress for Rock Mechanics, Montreux, Switzerland. Balkema, Rotterdam, vol.2, pp. 41–48.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications, Wiley, New York. p. 251.

Brown E.T. (Ed.), 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods. Pergamon, Oxford. p. 211.

Ferrer y González de Vallejo (1999). Manual para la descripción de campo de macizos rocosos. Instituto Geológico y Minero de España. 135 p. España.

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL AZUD RÍO GRANDE, LAS CHACRAS, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN, SAN LUIS.

J. Humberto Ulacco[1]; H. Daniel Torres[2] y Carlos J. Mendez[3]
[1] *Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis*
[2] *Departamento de Minería, Universidad Nacional de San Luis*
[3] *Consultor Privado*
humbertou@gmail.com; hectordaniel.torres@gmail.com; carlosjmendez67@gmail.com

El objetivo del estudio fue realizar la caracterización geológica y estructural, con especial énfasis en las particularidades geomecánicas del macizo rocoso, en la zona de cierre del Azud ubicado sobre el Río Grande, Departamento San Martín, Provincia de San Luis. Además, se confeccionó un mapa geológico - estructural de detalle correspondiente a los sectores de mayor interés, que contiene la información necesaria para el desarrollo del proyecto ingenieril.

El área estudiada se ubica aproximadamente a 150 km de la ciudad de San Luis, a 12 km al sureste de la localidad de Las Chacras (Figura Nº 1).

La Sierra de San Luis está conformada por rocas ígneas y un gran porcentaje de rocas metamórficas de grado diverso que van desde gneises y migmatitas a esquistos, filitas y pizarras. Estos afloramientos se encuentran parcialmente cubiertas por sedimentos modernos.

La estructura regional puede ser dividida en dos estilos tectónicos diferentes. Uno antiguo (Precámbrico - Paleozoico) que imprime los rasgos estructurales de las rocas metamórficas y dentro del cual se han reconocido tres fases de deformación que dan origen a la esquistosidad y foliación de rumbo predominante Norte - Sur. El segundo, es el estilo tectónico Andino (Terciario), en el cual el basamento se comporta como un elemento rígido, fracturándose ante los esfuerzos, generando fallas inversas de alto ángulo, de rumbo Norte - Sur que configuran la típica morfología de bloques basculados con perfiles asimétricos, de pendientes occidentales abruptas y orientales suaves y extendidas. Asociado a este fallamiento Norte - Sur se encuentran fracturas de rumbo aproximado NO-SE.

Las rocas representadas en la zona de estudio corresponden a esquistos, escasas cuarcitas, y rocas plutónicas y filonianas tales como granitos, diques aplíticos y vetas pegmatíticas.

Las rocas metamórficas observadas en el sector son principalmente esquistos grisáceos finos, cuarzo-moscovítico, se presentan además, con menor frecuencia bancos finos de cuarcitas intercalados en los anteriores. Presentan una importante distribución en el sector, sus componentes principales son el cuarzo y moscovita, los minerales accesorios lo conforman la biotita y plagioclasas, a veces se encuentran turmalinizados. La esquistosidad general tiene un rumbo predominante N 35º O y buzamiento de 83º al SO, otro subordinado de N 38º O, con buzamiento sub-vertical a vertical.

Particularmente en la zona donde se enclava el proyecto, afloran rocas graníticas pertenecientes al Stock Las Chacras (Figura Nº 2), que forma parte del Batolito homónimo. Petrográficamente predomina un granito con textura fundamentalmente porfiroide con fenocristales de feldespato potásico de hasta 3 cm, con un promedio de 1-2 cm. La pasta es de grano medio a grueso,

Los sedimentos modernos conforman delgadas cubiertas detríticas, que rellenan las cuencas intermontanas y pequeños bolsones, cubriendo en parte los afloramientos graníticos.

Las estructuras que afectan a las rocas del área son del tipo frágil, representadas por un fracturamiento regional y un diaclasamiento generalizado. Las primeras se caracterizan por poseer rumbos predominantes NE – SO, NO – SE y subordinadas las de rumbo N – S y E – O. Las segundas son las más importantes para el estudio detallado que se llevó a cabo. Los sistemas principales poseen rumbos N 20º E con buzamientos de 77º SE, subordinados se encuentran planos N 83º O y N 20º E sub-vertical a vertical.

La alteración en el granito posee muy baja a nula alteración de sus minerales constitutivos, y los esquistos se encuentran extensamente alterados.

Ser realizó la descripción cuantitativa de discontinuidades en masas rocosas según la Clasificación de la International Society for Rock Mechanics (Brown, 1981).

Se aplicaron los Índices de Calidad de la Roca RQD (Rock Quality Designation), RMR (Rock Mass Rating) (Bieniawski 1973, 1979 y 1989) y Q (rock mass quality) (Barton et al. 1974), con las restricciones del caso, dado que el estudio es superficial y necesita realizar ensayos para tener mayores precisiones sobre la calidad de la roca. Se aplicó también, una correlación entre los índices Q y RMR.

Las observaciones realizadas permitieron establecer que las rocas de la zona estudiada está conformada por metamórficas e ígneas. Las primeras son esquistos y cuarcitas, mientras que las segundas son granitos. El grado de fracturamiento es moderado en los esquistos – cuarcitas con alteración alta en algunos sectores. Mientras que en los granitos es relativamente bajo y su alteración prácticamente nula.

Se midieron parámetros tales como orientación, espaciamiento, continuidad o persistencia de un plano, abertura, rugosidad, relleno y filtraciones de las fracturas observadas (Ferrer y González de Vallejo, 1999). Los resultados obtenidos son los siguientes:

Orientación: poseen rumbos N 20º E con buzamientos de 77º SE, subordinados se encuentran planos N 83º O y N 20º E sub-vertical a vertical.

Espaciamiento (S): el espaciamiento de las diaclasas varía entre 0,25 y 2 m, aunque la mayoría de los valores se encuentra entre 0,4 y 1 m.

Continuidad: Los planos en general poseen una persistencia que oscila entre 0,2 a 11 m, como valores mínimos y máximos respectivamente, aunque normalmente están entre 0,5 a 2 m.

Abertura: las fracturas en general se presentan cerradas, a excepción del Sector III, donde predominan las cerradas pero se observan un 40% de ellas, abierta. Valores oscilan entre 1 a 5 mm.

Rugosidad: las discontinuidades poseen superficies generalmente rugosas a levemente rugosas, siendo menos abundantes las lisas.

Relleno: se observan algunos sectores con relleno, principalmente con pátinas óxidos de hierro y manganeso.

Filtraciones: Al estar predominantemente cerradas es poco probable que posean filtraciones.

La resistencia en los esquistos corresponde a la clase R1 (Roca muy blanda) y mucho más escasa la clase R4 (Roca dura) dependiendo del sector. Los valores de resistencia a la compresión simple estimados están entre 1 a 100 Mpa. En el granito, corresponde a la clase R5 (Roca muy dura). Los valores de resistencia a la compresión simple estimados oscilan entre 100 a 250 Mpa.

Los valores de RQD determinados indican que la calidad varía de acuerdo al tipo de roca y sector estudiado. En los esquistos la Calidad varía de Pobre a Aceptable y en el granito la Calidad varía entre Buena a Muy Buena.

El índice Q califica a los esquistos como rocas de Muy mala a Regular calidad, y al granito el índice lo califica como una roca de Regular calidad.

El índice RMR indica a los esquistos como rocas Clase V a III, de Muy Mala a Regular calidad, y a los granitos el índice califica como rocas Clase II a I, de Buena a Muy Buena calidad.

Como se puede observar, si se realiza una valoración media de los tres índices determinados (RQD, Q y RMR), la roca sería de baja resistencia y regular calidad geotécnica para los esquistos y roca de alta resistencia y buena calidad geotécnica para el granito.

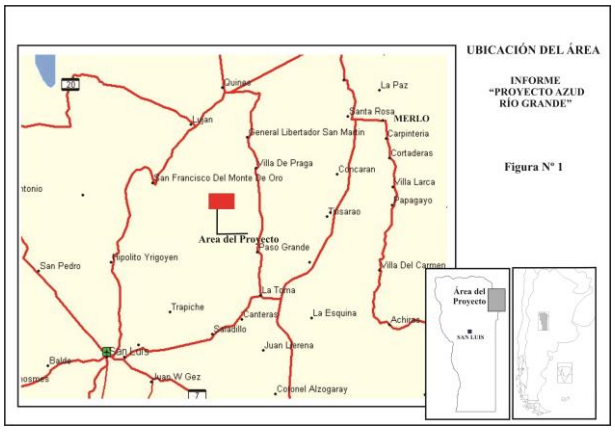


Figura Nº 1: Ubicación del Proyecto Ingenieril "Azud Río Grande".

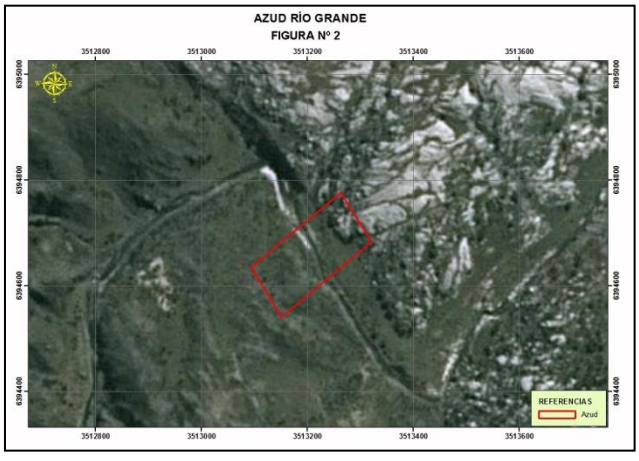


Figura Nº 2: Sector de emplazamiento del Azud.

Referencias

Barton, N., Lien, R. and Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for design of tunnel support. Rock Mech. 6 4, pp. 189–236.

Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Tran. S. Afr. Inst. Civ. Eng 15, pp. 335–344.

Bieniawski, Z.T., 1979. The geomechanics classification in rock engineering applications. ISRM Proceedings of the Fourth International Congress for Rock Mechanics, Montreux, Switzerland. Balkema, Rotterdam, vol.2, pp. 41–48.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications, Wiley, New York. p. 251.

Brown E.T. (Ed.), 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods. Pergamon, Oxford. p. 211.

Ferrer y González de Vallejo (1999). Manual para la descripción de campo de macizos rocosos. Instituto Geológico y Minero de España. 135 p. España.

SUFUSIÓN, UN FENÓMENO IGNORADO EN EL DURAZNO ALTO, SAN LUIS, ARGENTINA

G.C. Tognelli, G. C.[1] y A.C. Basaez[1,2]
1Dpto. Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950 (5700) San Luis
2CCT-UNSL, Almirante Brown 907 (5700) San Luis
tognelli.tognelli@gmail.com, acbasaez@gmail.com

El área de trabajo se encuentra en la localidad de El Durazno Alto, Municipio de Estancia Grande, San Luis Argentina, entre los paralelos 33° 07´ y 33° 09´ de latitud Sur y los meridianos 66° 05´ y 66° 07´ de longitud Oeste, en el piedemonte sur de la Sierra de San Luis (Figura 1). Morfológicamente se caracteriza por lomadas bajas con pendiente general de 6,5%, al este sureste, surcada por diversos cursos de agua, constituida por sedimentos aluvio – eólicos cuaternarios correspondientes a las formaciones Barranquita y Algarrobito.

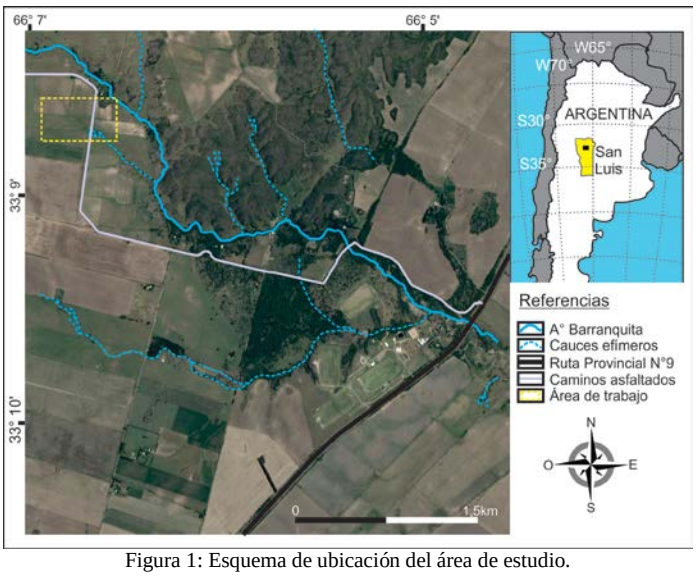


Figura 1: Esquema de ubicación del área de estudio.

El sitio se ve afectado por procesos erosivos de piping ocasionados a partir de la infiltración puntual del agua en suelos desnudos por la extracción de la cubierta vegetal para el cambio de su uso, con compactación de sus primeros centímetros por la carga de animales vacunos y equinos, lo que ocasiona la formación de senderos en zonas bajas y a favor de la pendiente, que se constituyeron en agentes morfológicos extrínsecos, para el encauzamiento de las precipitaciones, formando canales en estas depresiones.

En cada precipitación, el agua comienza a percolar por estos sitios, produciendo una oquedad que se ensancha progresivamente por la entrada de nuevos flujos hídricos, arrastrando consigo los agregados finos, creando un drenaje interno o “tubificación” en el suelo.

La presencia de una superficie impermeable (calcárea), ubicada entre los 4,7 y 5 m por debajo de la superficie, actúa como barrera para que el agua no siga infiltrándose, y migre en profundidad, lateralmente hacia sectores más bajos. Estos factores, sumados a la elevada intensidad de las precipitaciones en la zona y a la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión tanto superficial como subsuperficial, desencadenaron la formación instantánea de cárcavas, produciendo altas tasas de sedimentación en la cuenca baja.

Vialidad Provincial en conjunto con el Municipio de Estancia Grande, realizaron un puente en uno de estos carcavamientos, ubicada al Norte de la localidad de el Durazno, donde se produjo una removilización de 5603.24 m^3 de material (Tognelli *et al.,* 2016), intentando solucionar el problema de comunicación ocasionado por el corte de un camino vecinal arrasado por sufusión. La obra se llevó a cabo a través del relleno de la gran oquedad producida, compactación y construcción de diques de gaviones protectores tanto en la base como en los laterales del puente y la utilización de geomembrana como aislante inferior y lateral. (Figuras 2 y 3).

Figura 2: Camino vecinal arrasado por sufusión.

Figura 3: Obra de relleno de la cárcava y construcción del puente.

Tognelli y Basaez (2017) advirtieron que en la obra realizada, no se habría hecho el correcto anclaje del mismo, habiéndose ignorado el proceso de generación del problema. Sumado a esto, se realizaron tareas de deforestación en el área circundante, para la construcción de una explanada para el obrador, lo cual actúa como un área totalmente expuesta a los agentes erosivos, y en la cual se habían empezado a formar tubos verticales por sufusión y micro-carcavamientos asociados al mismo proceso, que podrían desencadenar a futuro, movilizaciones mayores de material.

Con cuatro meses transcurridos del año 2018, la obra inaugurada en el 2017, presenta signos que afirmarían lo dicho por Tognelli y Basaez (2017). Se ha podido advertir, que en la defensa de la misma, realizada con muro de gaviones y geomembrana, para evitar el avance hacia la cabecera de la cárcava, se ha empezado a infiltrar el agua, de manera tal, que la misma pasaría por debajo del nuevo puente realizado, comenzando un nuevo proceso de piping (Figs. 4, 5 y 6).

Figura 4: Muro de Gaviones construido en el puente

Figuras 5 y 6: Infiltración del agua y comienzo de Piping.

Los laterales del puente construido también presentan signos de erosión, en los cuales, el agua ha generado ya “tuberías” de importantes dimensiones, que se infiltran buscando niveles de base locales a los cuales migrar, generando un “entubado” por debajo de la geomembrana utilizada en la obra realizada (Figs. 7, 8 y 9).

Figuras 7 y 8. Tuberías formadas por sufusión

Figura 9: “Entubado”formado por debajo de la geomembrana.

Otro de los efectos que se ha impuesto, luego de que las autoridades competentes, rellenaran el socavamiento producido por la removilización de material, tras intensas precipitaciones registradas en enero y febrero de 2016, es la infiltración diferencial de la escorrentía superficial de las actuales precipitaciones en esta zona, lo cual genera sitios de mayor humedad, activando lentamente, el proceso de piping en el sustrato.

En cuanto a la explanada generada para el obrador, que Tognelli y Basaez (2017) señalaran como una zona de potencial erosión, los procesos que habían avanzado sobre la misma se detuvieron, ya que se ha vegetado rápidamente, avanzando la acción de las raíces de las plantas por sobre los procesos de sufusión.

Concluyendo lo aquí expuesto, es una evidencia que la falta de estudio de los procesos naturales (geológicos) que dieron origen al problema planteado, conllevaron a realizar obras de importante magnitud y de altos costos para el municipio, que no tendrán la vida útil para los que fueron diseñados. Por ello, para que esto no ocurra, se hace necesario entonces, crear una consciencia geológico – ambiental en las autoridades, tomadores de decisiones y en las empresas contratadas por los mismos para la solución de los problemas relacionados.

Referencias

Tognelli, G. y Basaez, A. 2017. Sufusión en Suelos Holocenos (San Luis, Argentina). III Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos y II Taller de Cartografía Digital. Boletín Electrónico CERZOS-CONICET. Bahía Blanca, Argentina.

Tognelli, G., Basaez, A. y Gardini, C. 2016. Fenómenos de carcavamiento en El Durazno Alto, San Luis, Argentina. VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XV Reunión Argentina de Sedimentología, R: 167. La Pampa, Argentina.

APORTES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MINERALES GRANULARES

María Valentina Soria, María Angélica Matar, Marina Elisa Romero, Ester N. Cano
Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan
valentina@unsj.edu.ar, mangelima@gmail.com, marina@unsj.edu.ar

En el marco de líneas de investigación dedicadas al estudio de recursos minerales no metalíferos, surgen intereses particulares como aquellos estudios destinados a cubrir la creciente demanda de materiales provenientes de origen natural destinados a diversas actividades, como la construcción.

Particularmente los minerales granulares presentes en el lecho de los ríos y los sedimentos de pie de monte, se presentan de diversos tipos tanto por su génesis cómo por sus características físico – mecánicas y constituyen una materia prima valiosa para las obras mineras y civiles de nuestra región.

Para encarar el presente estudio se tomó como caso de estudio el pie de monte de la Sierra de Pie de Palo, como proveedora de una muy interesante cantidad y variedad de minerales granulares. Este macizo rocoso se encuentra ubicado en el departamento Caucete, provincia de San Juan (Figura 1).

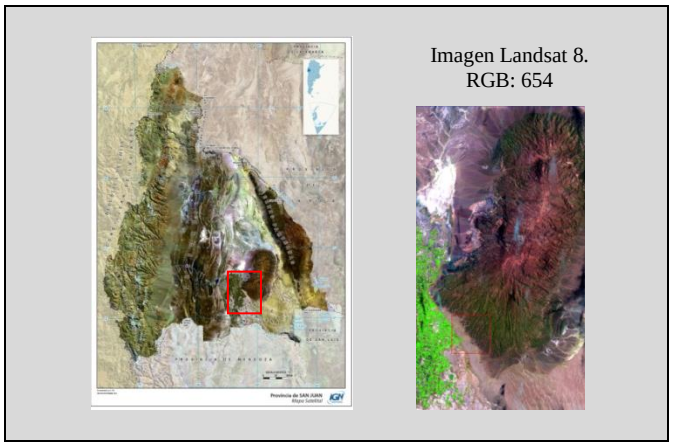


Figura 1. Ubicación general del área de estudio

De manera particular, se han iniciado los primeros avances en el estudio del área suroeste de la Sierra de Pie de Palo. Su génesis está definida por metasedimentos proterozoicos compuestos por las facies de esquistos verdes y facie anfibólica, Los esquistos de distinta composición aparecen intercalados entre sí y a veces asociados con anfibolitas y gneis. También se presentan en este sector migmatitas heterogéneas y foliadas de composición tonalítica a granítica.

La metodología contempló la utilización de la teledetección como técnica de trabajo mediante el procesamiento digital de la imagen proveniente del Landsat 8 OLI (LC08_L1TP_232082_20171212_20171223). Se realizaron coeficientes de bandas para la diferenciación litológica, la identificación de las áreas de aporte y la caracterización físico ambiental en que se desarrollan los minerales granulares en esta área. Se utilizó como software de soporte ENVI 4.5.

Una primera instancia consistió en el estudio de las firmas espectrales de los principales minerales que constituyen la Sierra de Pie de Palo (biotitas, piroxenos, cuarzos). Para ello se recurrió a la librería espectral con que cuenta Envi y se analizaron los contrastes de absorbancia y reflectividad de estos minerales. Esto permitió identificar en que sectores del espectro los minerales presentaban mayor diferenciación. Es de destacar que el sensor OLI del Landsat 8 ha generado un cambio en la resolución espectral con que venía trabajando el Programa Landsat hasta el momento. Así las bandas utilizadas en el rango del visible corresponden a las bandas 2, 3, 4, al NIR la banda 5 y SWIR las bandas 6 y 7. En este sentido el estudio se centró en el comportamiento que corresponden a las bandas 4-5-6-7, ya que en este rango del espectro es donde los minerales poseen mayor diferenciación en su comportamiento espectral.

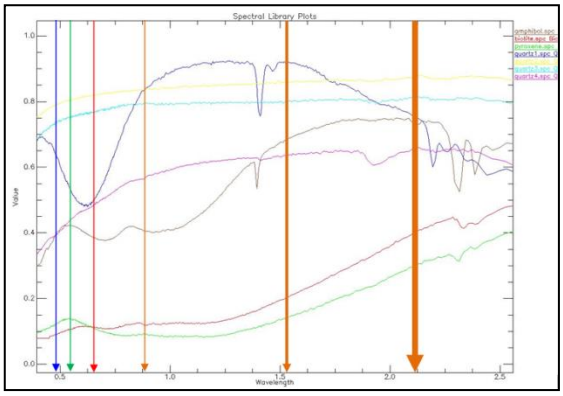


Figura 2. Firmas espectrales de minerales presentes en el área. Fuente: Elaboración propia en base a Librería espectral de ENVI.

De esta manera se observa que la banda 5 es la que posee mejor diferenciación espectral por lo que se utilizó como banda de referencia para la creación de los siguientes cocientes de bandas 4/5-6/5-7/5. Posteriormente se realizó una combinación RGB de dichos cocientes que dio como resultado una buena diferenciación entre la roca de aporte de sedimentos y las áreas de piedemonte (Figura 3). Finalmente se realizó un proceso de *decorrelation strech* (Figura 4) que permitió reforzar los contrastes y definir litologías y áreas de aportes para la zona de pie de monte donde actualmente se están poniendo en re-funcionamiento antiguas canteras de áridos.

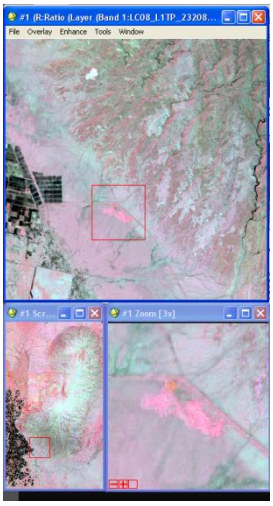


Figura 3. Combinación RGB de Cociente 4/5-6/5-7/5

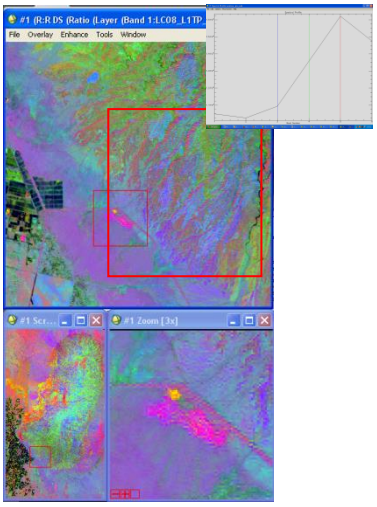


Figura 4. Decorrelation strech del Cociente 4/5-6/5-7/5

Es de destacar que las áreas que aportan este tipo de minerales son de tamaños considerables y que por su acceso a vías de comunicación conforman un potencial importante como proveedoras de materias primas.

Las áreas identificadas como aporte a las zonas de piedemonte y áreas de canteras se identificaron en un color azulino luego de la decorreltion strech. La firma espectral para estas áreas tiene una alta reflectividad en el SWIR relacionada con la banda 6, relacionando estas áreas de aportes con la presencia de minerales como cuarzo y anfibolitas (Figura 4), que se corresponderían con la litología de esta área.

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA SALA DE CHANCADO N°1 ETAPA INGENIERÍA DE DETALLE, MINA ANDES NORTE - PROYECTO NUEVO NIVEL MINA, CODELCO-CHILE.

Jorge Pereira P.
Jefe Geología Mina Andes Norte, PNNM, *Vicepresidencia de Proyectos, CODELCO-Chile*
jpereira@codelco.cl

René Padilla P., Roberto Valenzuela M.
Geólogo Mina Andes Norte, PNNM, Vicepresidencia de Proyectos, CODELCO-Chile
rpadi001@codelco.cl, rvale009@codelco.cl

La mina Andes Norte incluye una sala de chancado, la cual se ubicará en el interior del Complejo de Brechas Braden. Dado que se trata de una excavación subterránea de tamaño importante (la más grande a construir en la Mina El Teniente) y de valor estratégico para la División El Teniente, su análisis y diseño geotécnico debe tener el grado de detalle y cumplir las exigencias propias de las obras civiles relevantes.

Conforme con esto, se requiere conocer, a nivel de detalle, las unidades litológicas, estructuras geológicas y propiedades geotécnicas de los diferentes tipos de Brecha Braden que se emplazan en el volumen donde se construirá la Sala de Chancado N° 1 Mina Andes Norte Proyecto Nuevo Nivel Mina (Figura 1).

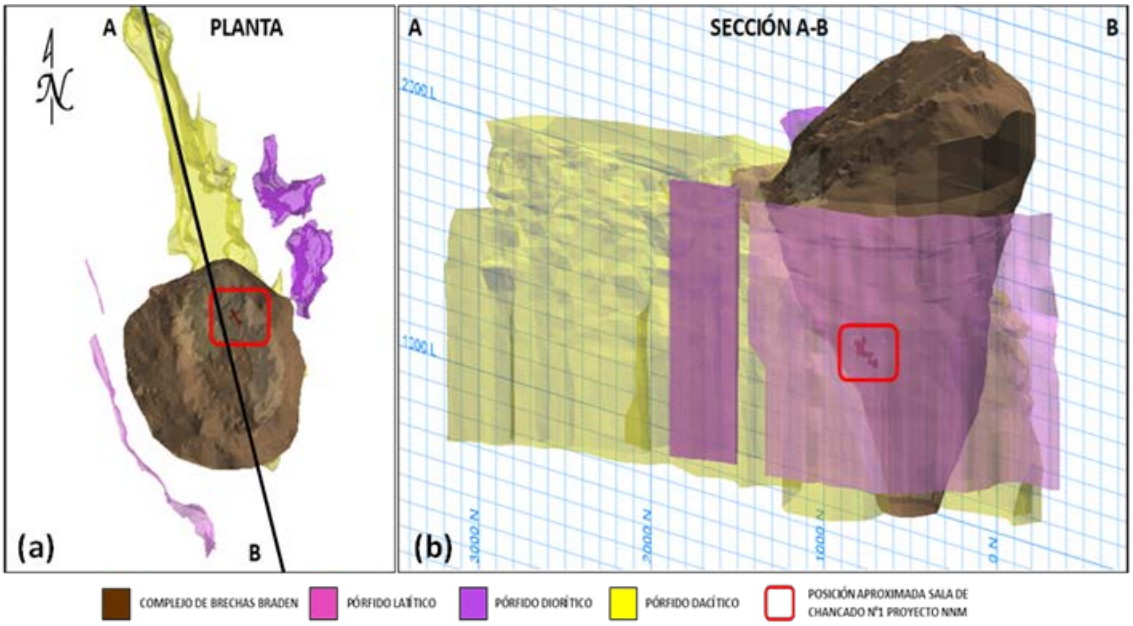


Figura 1: Ubicación Sala de Chancado N° 1. En (a) se indica planta con ubicación de sala en rojo (se ubica al interior de la Pipa Braden). En (b) se muestra una sección NNW-SSE mirando hacia el Este.

Para lograr este objetivo se perforaron 5950 m de sondajes geotécnicos HQ, los que se mapearon e interpretaron, se obtuvieron testigos de los distintos tipos de unidades litológicas, se realizaron ensayos geotécnicos en laboratorios nacionales de mecánica de rocas y, sobre la interpretación y evaluación de todo lo anterior, sumado a la información geológica obtenida de túneles del entorno; se procedió a caracterizar geotécnicamente con valores normalizados, las unidades de Brecha Braden y definir un modelo geotécnico 3D.

Como resultado de este trabajo, pueden señalarse las siguientes conclusiones:

- ***Litología***: Brecha Braden Sericita, Brecha Braden Clorita, Brecha Braden Turmalina, Estas brechas son polimícticas y principalmente matriz soportada, de color gris-verdoso y gris oscuro a negro. El contacto es gradacional para Brecha Braden Sericita y Brecha Braden Clorita, y tajante para Brecha Braden Turmalina.
- ***Estructuras***: La orientación preferencial reconocida es Nor Este/subvertical. Predominan fallas de espesores entre 0,1 a 0,5 cm, y no se observaron estructuras relevantes que puedan afectar la estabilidad de la caverna.
- ***Densidad de Muestreo***: Los valores obtenidos están en el rango 71 - 250 m^3/m de sondaje, lo que da un muestreo superior a los valores obtenidos para la Sala Chancado del Proyecto Dacita (167 - 393 m^3/m).
- ***Propiedades Geotécnicas***: El resumen de las propiedades geotécnicas se indica en Tabla 1.

Propiedad Geotécnica		Brecha Braden Clorita	Brecha Braden Sericita	Brecha Braden Turmalina
Densidad	γ [g/cm^3]	2.70 (86)	2.60 (80)	2.57 (25)
Porosidad	η [%]	2.18 (61)	4.57 (55)	8.26 (16)
Resistencia en Compresión Uniaxial Simple	UCS [MPa]	91 (39)	84 (80)	109 (17)
Resistencia a la Tracción	T_i [MPa]	6.7 (29)	7.6 (47)	8.8 (13)
Módulo de Young Estático	E [Gpa]	44 (18)	36 (81)	37 (9)
Razón de Poisson	n	0.24 (18)	0.22 (79)	0.23 (9)
E/UCS	E/UCS	476	430	338
UCS/T_I	UCS/T_I	14	11	12.4
Calificación UCS/ Módulo Relativo (Deere & Miller, 1966)		C – M Resistencia Media/ Módulo Relativo Medio	C – M Resistencia Media/Módulo Relativo Medio	B – M Resistencia Alta/Módulo Relativo Medio
Velocidad de Onda P	V_p [m/s]	4590 (86)	4492 (80)	4628 (25)
Velocidad de Onda S	V_s [m/s]	2769 (86)	2662 (80)	2691 (25)
Parámetro del criterio de falla de Hoek-Brown.	m_i	12.1 (141)	11.1 (260)	10.7 (57)
Resistencia a la compresión según el criterio de falla Hoek-Brown (considera confinamiento máximo de 22 MPa).	σ_{ci} [MPa]	85 (141)	83 (260)	86 (57)

( ) N° de ensayos

Tabla 1: Propiedades Geotécnicas Sala de Chancado N° 1 Mina Andes Norte.

- ***Clasificación Geotécnica Macizo Rocoso***: Se realizó con el Índice Geológico de Resistencia y para las unidades Brecha Braden Sericita y Brecha Braden Clorita tienen un GSI=56 – 90, y para la unidad Brecha Braden Turmalina tiene un GSI=61-80; es decir, ambas unidades geotécnicas tienen una calidad geotécnica Buena.
- ***Condición de Agua***: el sector de estudio se encuentra emplazado en mena primaria sumado a la ausencia de infiltraciones de agua durante los desarrollos del área de interés, permite concluir que la probabilidad de infiltraciones de agua es muy baja.
- ***Riesgos Geotécnicos***: según la experiencia en las excavaciones de otras salas de chancado de la Mina El Teniente, sean identificado tres tipos de riesgos geotécnicos, los cuales son: (i) Presencia de mega clasto de Pórfido Dactílico argilizado, (ii) Presencia de dique de Brecha Braden Sericita Fina (que podría generar sobre excavación dada su menor calidad geotécnica) y (iii) Presencia de drusa (que generaría sobre excavación). Dada la cantidad de sondajes dentro del volumen total de excavación y su entorno, se estima una muy baja probabilidad de ocurrencia de encontrar durante la excavación un clasto argilizado o una drusa que afecte la estabilidad global de la sala. La potencial aparición de estos rasgos geológicos de connotación geotécnica, a nivel de excavación, quedaría restringida a una escala local durante la secuencia de construcción de la sala.

IMPACTO DE VIBRACIONES POR VOLADURAS EN INTERSECCIÓN DE TÚNELES. RUTA PROV. Nº 82. LUJÁN DE CUYO, MENDOZA.

Alejandro G. Palma
Consultor Independiente, Granaderos 90, 5500 Mendoza,
alejpalma@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En la citada ruta y en coincidencia con la traza del Acueducto Cacheuta-Lujan de Cuyo se construyó el Túnel Carretero uniendo las localidades de Cacheuta y Potrerillos.

Debido a que se da un cruce de dichas trazas y a que en ese punto la separación de cotas entre los dos ejes alcanza una distancia de 9.00 metros, se fueron monitoreando las vibraciones producidas por las voladura ocasionadas en el avance del Túnel Vial.

El presente trabajo describe las situaciones y mediciones registradas en distintas progresivas de avance.

A modo de ejemplo sintético para este resumen, se adjuntan las mediciones para algunas fechas específicas.

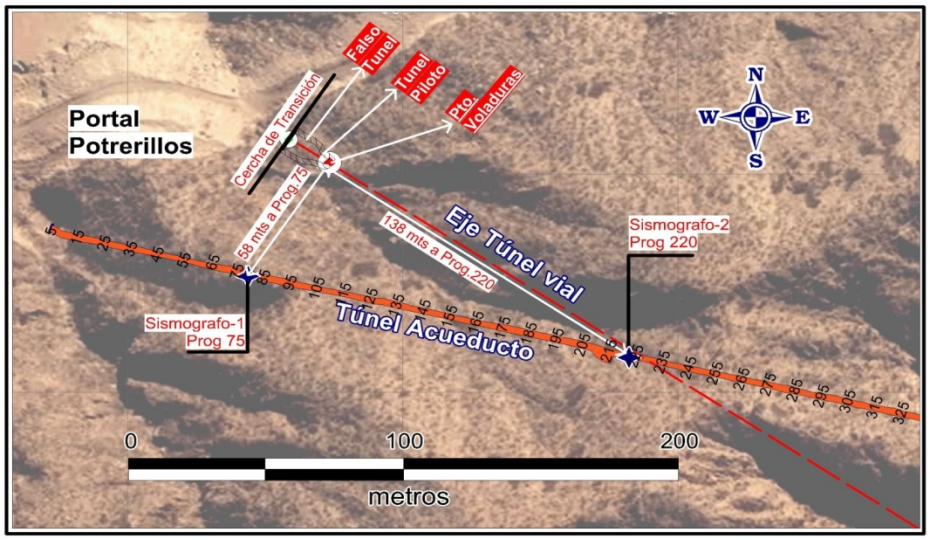


Figura 1: Ubicación de los sensores sísmicos a los puntos de voladura entre Túnel Acueducto y Túnel Vial.

En los días de referenciados y durante el desarrollo del Túnel Piloto del Túnel Vial, se realizaron las voladuras correspondientes en el frente de avance desde Portal Potrerillos. La Fig. Nº 1 antecedente muestra la posición en planta para cada caso y donde se registraron los siguientes resultados:

1. Para la voladura del 21/09/2016, se usaron: 112 Kg de gelamon-65 en 70 taladros (1,60 kg por taladro). Longitud de taladros: 3,50 m - Carga por número: (112/70*5) = 8,00 kg - En la cuña: 4 números con 4,32 kg

2. Para la voladura del 23/09/2016, se usaron: 150 Kg de gelamon-65 en 70 taladros (2,14 kg por taladro). Longitud de taladros: 4,00 m - Carga por número: (150/70*5) = 10,70kg - En la cuña: 4 números con 6,72 kg

Voladura del 21/09/2016:

Sismografo-1 Progresiva 75 Túnel Acueducto
Distancia Punto Explosión a Receptor: 59.45 mts

	Tran	Vert	Long
PPV	*1.73*	*1.82*	*1.70* ***(mm/s)***
ZC Freq	*37*	*45*	*49* ***(Hz)***

Sismografo-2 Progresiva 220 Túnel Acueducto
Distancia Punto Explosión a Receptor: 139.40 mts

	Tran	Vert	Long
PPV	*0.31*	*0.21*	*0.54* ***(mm/s)***
ZC Freq	*34*	*37*	*32* ***(Hz)***

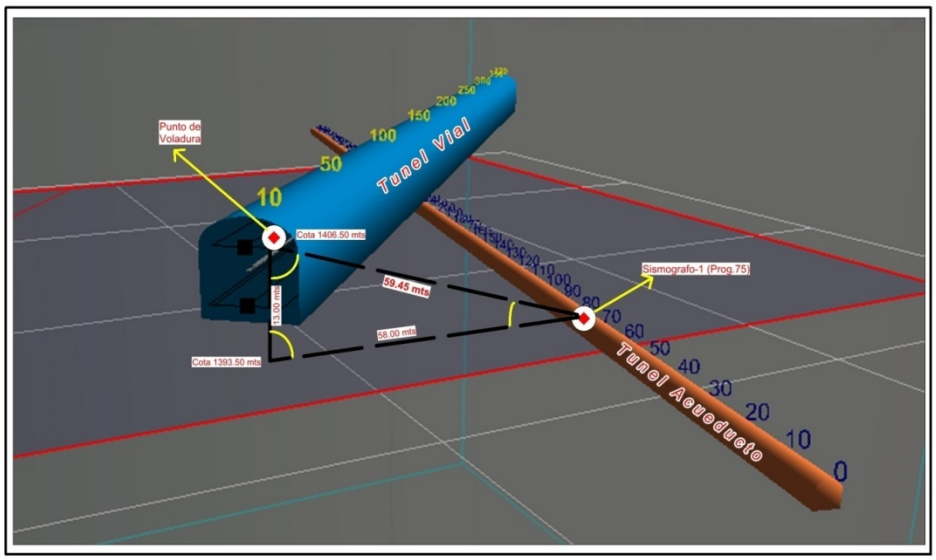
Voladura del 23/09/2016:

Sismografo-1 Progresiva 75 Túnel Acueducto
Distancia Punto Explosión a Receptor: 59.40 mts

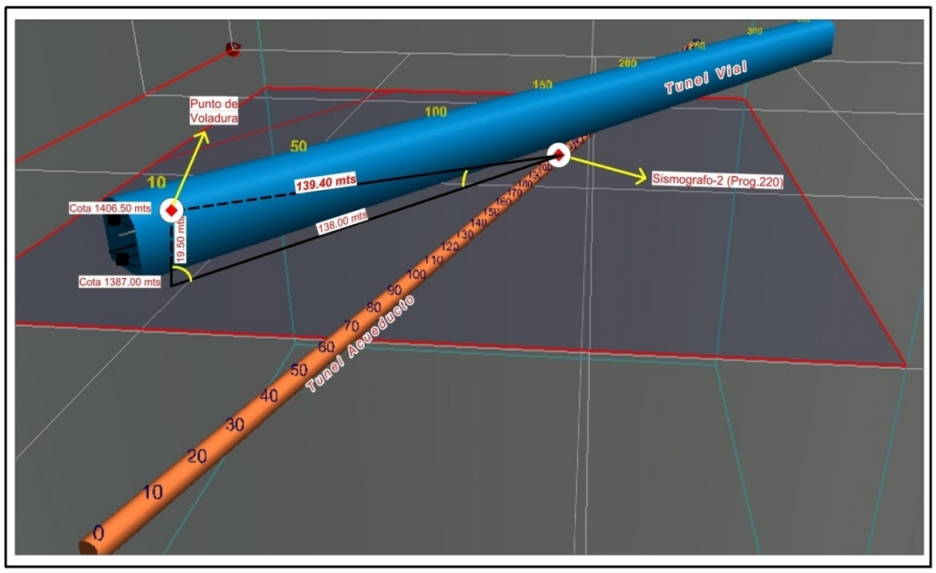
	Tran	Vert	Long
PPV	*5.02*	*2.37*	*1.83* ***(mm/s)***
ZC Freq	***85***	*51*	*73* ***(Hz)***

Sismografo-2 Progresiva 220 Túnel Acueducto
Distancia Punto Explosión a Receptor: 139.40 mts

	Tran	Vert	Long
PPV	*0.512*	*0.402*	*0.607* ***(mm/s)***
ZC Freq	*23*	*5.1*	*28* ***(Hz)***



Relaciones espaciales Sismografo N:1 en Progresiva 75 del Túnel Acueducto.
21 y 23 Septiembre 2016



Relaciones espaciales Sismografo N:2 en Progresiva 220 del Túnel Acueducto.
21 y 23 Septiembre 2016

CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS Y GEOLÓGICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE ENLACE CHACHEUTA-POTRERILLOS. RUTA PROV. N°82. LUJÁN DE CUYO. MENDOZA.

Alejandro G. Palma
Consultor Independiente, Granaderos 90, 5500 Mendoza
alejpalma@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El objeto del presente trabajo es describir de modo general las características geomecánicas, estructurales y constructivas del túnel carretero sobre la Ruta Prov. N° 82 de referencia en Cerro Los Baños-Cacheuta.

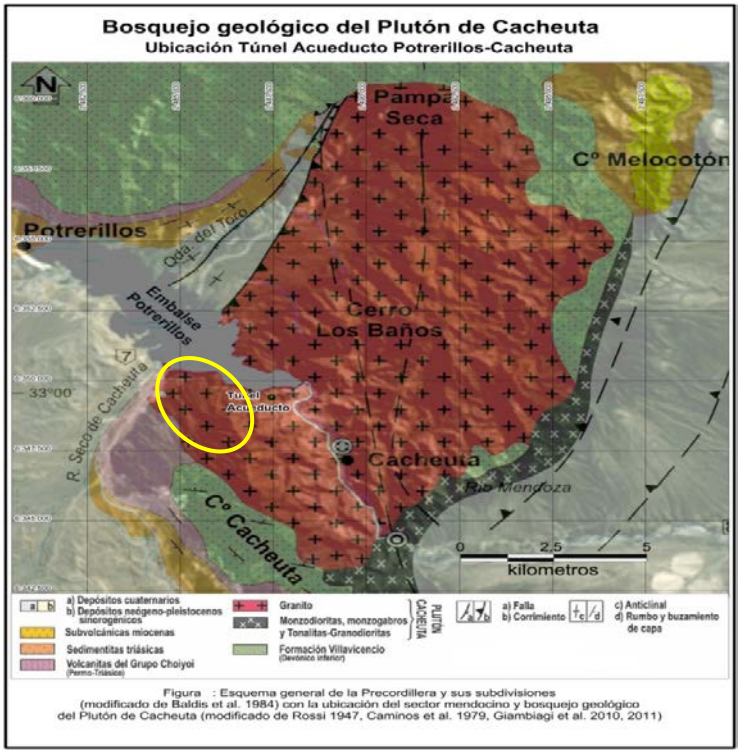


Figura : Esquema general de la Precordillera y sus subdivisiones (modificado de Baldis et al. 1984) con la ubicación del sector mendocino y bosquejo geológico del Plutón de Cacheuta (modificado de Rossi 1947, Caminos et al. 1979, Giambiagi et al. 2010, 2011)

Figura 1: Ambiente general de localización del Túnel Acueducto de traza similar al Túnel Vial.

En la citada ruta y en coincidencia con la traza del Acueducto Cacheuta-Lujan de Cuyo, se construyó el Túnel Carretero uniendo las localidades de Cacheuta y Potrerillos.

La excavación principal se desarrolló a través de un macizo rocoso de composición granítica muy alterado y afectado por distintas familias de discontinuidades. La existencia de un túnel previo (Túnel Acueducto) que se dispone en una traza muy similar al túnel proyectado, permitió facilitar sensiblemente el conocimiento de la roca a excavar y otorgó una caracterización estructural aventajada para el desarrollo del mismo. (Fig. N°2)

La conformación de los portales del túnel requirió la aplicación y verificación de la estabilidad en los taludes frontales y laterales a los accesos. Estos portales estuvieron conformados, en la obra, por falsos túneles y fueron evaluados frente a experiencias previas en el mismo macizo y cerrando las condiciones de seguridad estándar actuales.

Como sistema de sostenimiento para el túnel en sí, se usó una técnica basada en la colocación de anclajes de tubo tipo SWELLEX, con transferencia de la carga por fricción al ser expandidos por presión hidráulica en conexión con revestimiento de Hormigón Proyectado e incorporación de fibras metálicas. Este método permitió compensar los esfuerzos prácticamente de inmediato, minimizando los tiempos y previniendo así potenciales colapsos de cuñas.

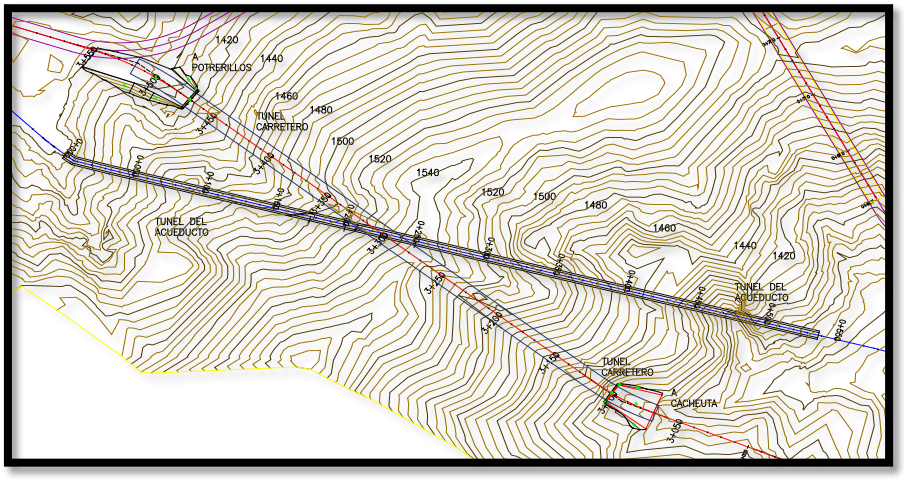


Figura 2: Relaciones generales entre ambos túneles.

Las Observaciones geotécnicas-geológicas realizadas en el túnel Acueducto, muestran una unidad litológica intensamente diaclasada y con abundante fallamiento

El cuerpo rocoso granítico del sector posee características estructurales típicas asociadas a la misma consolidación del cuerpo ígneo. Esto es en cuanto a la persistencia de microfracturas sub-verticales en juegos cruzados y los claros signos de descarga lo que ha generado un diaclasamiento sub-horizontal generalizado en el cuerpo.

La posterior orogenia andina ha sumado esfuerzos tectónicos tangenciales que se expresan en distintas fallas a lo largo del túnel y que, según los casos, han aprovechado las estructuras de discontinuidad previas para manifestarse.

El siguiente diagrama estadístico de los polos comprobados (excluidos los buzamientos menores a 30º grados), muestra similitud con relevamientos previos.

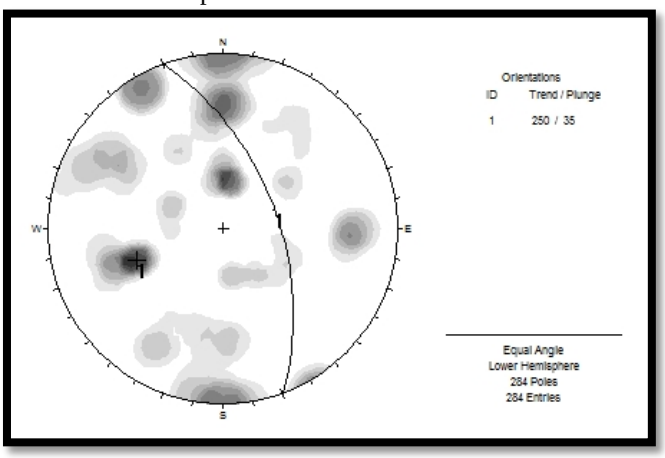


Figura 3: Diagrama estadístico de polos con buzamiento > 30º

Figura 4: Lanzadora CIFA de hormigón con aplicación sobre hastial Sur. Obsérvense los clavos de anclaje SWELLEX.

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y PETROGRÁFICA DE LA PERTENENCIA "EL ABUELO", BATOLITO GRANÍTICO LAS CHACRAS - PIEDRAS COLORADAS, PROVINCIA DE SAN LUIS

Ariel Ortiz Suárez y Daniel A. Sales
Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
arielortizsuarez4@gmail.com;sales@unsl.edu.ar

En este trabajo se analizan las características estructurales y petrográficas de los afloramientos graníticos, conocidos comercialmente como Granito Rosa y Rojo Dragón en una zona situada a 1,7 km al SO de la localidad de Potrerillos, en la provincia de San Luis (Figura 1).

Las rocas estudiadas forman parte del denominado Batolito Las Chacras – Piedras Coloradas (Brogioni, 1997) y fueron descritas por la autora citada como monzogranito rojo. Por otra parte Siegesmund *et al.* (2004) clasifican los afloramientos de la zona de estudio como granito rojo biotítico.

En este trabajo se analizan las diferentes estructuras de deformación frágil y las características petrográficas del cuerpo granítico, determinadas a partir del análisis de tres muestras representativas del sector de estudio, tomadas mediante perforaciones de 5 cm de diámetro y 0,37 m de profundidad. El estudio petrográfico se realizó a través de la observación macroscópica y con microscopía óptica.

En el análisis de lineamientos del sector de estudio se observa un predominio de fracturas con dirección NO-SE sobre las NE-SO, y en menor cantidad con rumbo N-S, entre las que se destacan aquellas con actitud 355°/55°SO, 80° a 85°/SV y espaciado mínimo, por sectores, de 45 cm, aunque en general mayor a los 3 m; 95°/64°SO y 2 m de espaciamiento; 120°/70°SO, con un espaciado entre 1,4 y 3 m; 55°/90°, 105°/90° y 325°/84°NE de espaciado mayor a los 2,5 m. En todos los casos presentan una resistencia a la roca inalterada elevada. Las fracturas de orientación subhorizontal fueron reconocidas en la parte superior del afloramiento, con un espaciado entre 5 y 40 cm, con baja resistencia por la alteración presente. A medida que este set se aleja del techo del afloramiento, su espaciamiento llega a los 2,20 m, con aberturas cerradas y resistencia en sus paredes muy buena.

Se analizaron las características petrográficas de dos muestras de Granito Rosa (GR1, GR2) y una de Granito Rojo Dragón (GR3), que corresponden a un monzogranito biotítico las dos primeras y a un monzogranito biotítico muscovítico la restante (Tabla 1 y Figura 3). Considerando las características como roca ornamental, se reconoce en el Granito Rosa la presencia de microfracturas intragranulares en cuarzo y escasa alteración en feldespatos y biotita que indican un grado de deterioro mineral de 1 para biotita y cuarzo, y de 1 a 2 para los feldespatos, siguiendo la tabla de Ordaz - Esbert (Muñoz *et al.*, 1989). En el caso del Granito Rojo Dragón, el deterioro mineral es 0 para cuarzo y 1 para feldespatos y biotita. Los minerales de alteración son escasos y siempre menores al 3%; en GR2 se observa óxidos de hierro que tiñen parcialmente la roca dando tonos ocres.

La ausencia de estructuras penetrativas, la disposición desordenada de sus minerales principales, el color, la homogeneidad litológica en los afloramientos, la escasa presencia de minerales fácilmente alterables o blandos, el bajo grado de deterioro mineral, así como fracturas de gran espaciado, especialmente en algunos sectores, hacen al material analizado apropiado para su explotación como roca ornamental. Sería conveniente sectorizar el área definiendo las variedades de roca y la variación del fracturamiento a fin de determinar las zonas más favorables y los posibles tamaños de los bloques a extraer en una futura explotación.

Figura 1: Mapa ubicación del área de estudio (imagen modificada de Google Earth®)

CARACTERÍSTICAS	MUESTRA GR1	MUESTRA GR2	MUESTRA GR3
Minerales Primarios	Qz, Mc, Pl, Bt	Qz, Mc, Pl, Bt	Qz, Mc, Pl, Bt, Ms
Minerales Secundarios	Ser, Chl, Ep, Cal, Opq	Ser/Ms, Chl, Ep	Ser/Ms, Chl, arcillas
Composición modal	Afs (35%), Pl (30%), Qz (25 %), Bt (5%)	Afs (30%), Pl (30%), Qz (35 %), Bt (10%)	Afs (35%), Pl (30%), Qz (30 %), Ms (3%), Bt (2%)
Clasificación	Monzogranito biotítico	Monzogranito biotítico	Monzogranito biotítico muscovítico
Textura/Color	Porfírica con pasta granuda gruesa/rosa claro	Porfírica con pasta granuda gruesa/rosa claro con tonos ocres	Granuda gruesa/rosa fuerte
Nombre comercial	Granito Rosa	Granito Rosa	Granito Rojo Dragón

Tabla 1: Características petrográficas de las muestras analizadas. Abreviaturas de minerales de Whitney y Evans (2010).

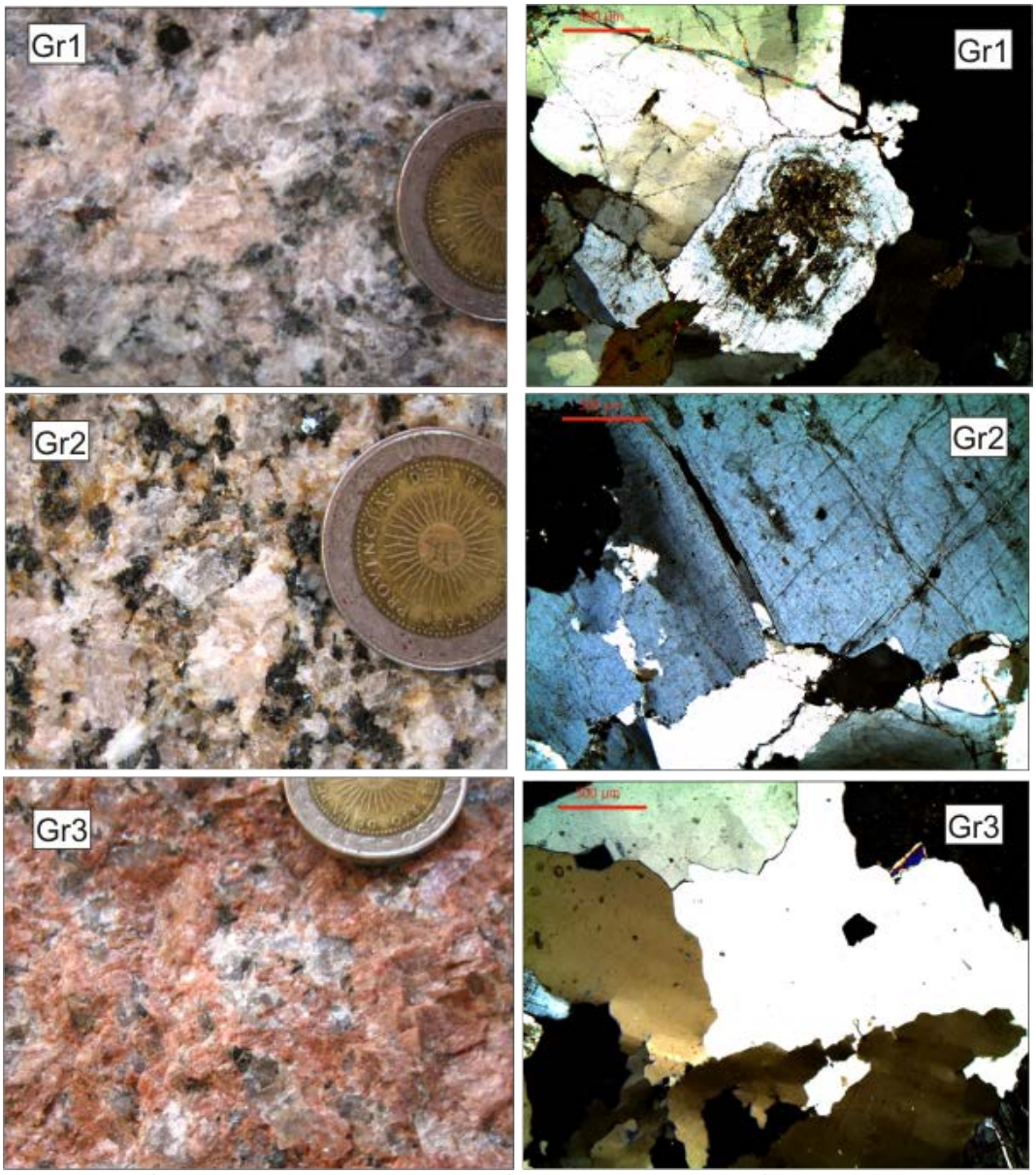


Figura 2. Fotografías de las rocas analizadas**.** Vistas macroscópicas a la izquierda y microscópicas con nicoles X a la derecha.

REFERENCIAS

BROGIONI, N., 1997. Mineralogía y petrografía del batolito de Las Chacras-Piedras Coloradas, San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (4): 515-538.

MUÑOZ, P., ROMERO J., RODRÍGUEZ I., GRACÍA E., CRESPO A., CARRIÓN F., GARBAYO M., 1989. Metodología de investigación en piedras naturales; Granitos. Rock-Maquina. 3º Trimestre

SIEGESMUND, S., STEENKEN, A., LÓPEZ DE LUCHI, M.G., WEMMER, K., HOFFMAN, A., MOSCH, S. 2004. The Las Chacras-Potrerillos batholith (Pampean Ranges, Argentina): structural evidence, emplacement and timing of the intrusion. International Journal of Earth Sciences 93, 23-43.

WHITNEY, D. y EVANS, B. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, 95:185-187.

ANÁLISIS DE CALIDAD Y FRACTURACIÓN EN LA CANTERA DE GRANITO LA TOTORA, SAN LUIS.

Augusto Morosini[1,2], Sebastián Calaza[1] y Ariel Ortiz Suárez[1]

[1]*Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis.*
[2]*CONICET*
afmorosini@gmail.com

Este trabajo tiene como objetivo analizar las características de la fracturación de la cantera de granito La Totora (Old Stone S.R.L.), ubicada a 15 km al suroeste de la localidad de La Toma (Ruta Provincial N° 20, San Luis), dentro del Plutón La Totora (Figura 1).

Se analizaron los principales frentes de cantera y se determinaron las disposiciones espaciales de las principales familias de diaclasas, el espaciamiento entre las mismas, la rugosidad, la apertura, la continuidad, el relleno y la densidad. Además, se determinó la factibilidad de extracción de tamaño de bloques mediante el RQD (*Rock Quality Designation*), considerando el parámetro *Jv* (número total de discontinuidades por metro cúbico), según la propuesta de Bieniawski (1989), adaptada para los fines de este estudio en base al Manual del Instituto Tecnológico Geominero de España (Ayala Carcedo, 1999). Por otra parte, mediante la extracción de muestras del macizo para su descripción macro y microscópica y la realización de pequeños mosaicos pulidos, se han podido determinar las características petrográficas, mineralógicas y ornamentales del material de la cantera. Además, se realizó un relevamiento topográfico a través de un equipo GPS Diferencial que permitió la confección de un mapa de curvas de nivel con equidistancia de 1 m (Fig. 1).

La cantera estudiada (explotada hasta la década del 60 para la obtención de adoquines, actualmente se encuentra en preparación para reiniciar la extracción), presenta tres frentes de explotación principales: *Frente Sur* (S), *Frente Norte* (N) y *Frente Este* (E), los cuales se pueden subdividir en diferentes sectores para su mejor análisis (Fig. 1).

El granito La Totora (López de Luchi *et al.*, 2002), es un monzogranito a granodiorita biotíticos, que en la zona de cantera se compone de 16-32% de cuarzo, 38-56% de plagioclasa, 8-30% de microclino, 2-14% de biotita, y un contenido promedio de 0,5% de magnetita. La fábrica macroscópica es generalmente isótropa de textura granular a porfírica de grano medio a grueso con fenocristales de microclino de hasta 8 cm. Un rasgo típico, en algunos sectores de la cantera, es la presencia de flujo magmático definido por la presencia de schlieren biotíticos con orientación promedio de N20°/78°E que definen bandas, y finos diques sinmagmáticos ricos en Kfs (< 40 cm), orientados preferentemente en sentido N-S.

La roca presenta una incipiente a leve alteración sericítica-arcillosa, y no se observa epidotización de plagioclasas, éstas en conjunto son las peores alteraciones en rocas graníticas para ornamentar, ya que desfavorece la resistencia al corte y pulido de las mismas. Por su parte, la roca presenta una leve oxidación indirecta. Existen pátinas de oxidación submicroscópicas en los bordes de sub-grano de cuarzo, que le dan una tonalidad ámbar a ocre al mismo.

La calidad del pulido es muy buena, mientras que la calidad ornamental del granito de la cantera es variable. La presencia de schlieren, en algunos sectores, reduce considerablemente el valor para pulidos. Se reconocen dos variedades, casi el 80% pertenece al “Granito Gris Claro” con variaciones en la presencia de cuarzo ámbar, que pasa transicionalmente al “Granito Rosa Claro”, con cuarzo gris inalterado, cuya coloración está dada por la presencia de feldespato rosa a rojizo con maclas de crecimiento, lo que le otorgan vistosidad para su uso como revestimiento ornamental pulido. En general, los granitos de la cantera estudiada presentan buena calidad ornamental como categoría de granitullos (adoquines de diversas medidas, revestimiento grueso sin pulido, ladrillones para construcción de viviendas).

Para el análisis geomecánico se tomaron 405 mediciones de diaclasas y se distinguieron al menos 5 direcciones principales o familia a de diaclasas (Fig. 1). Los resultados son presentados en la Tabla 1.

Según la clasificación de Hudson (1989), la calidad de la roca dada por el valor porcentual del RQD obtenido mediante el parámetro *Jv*, es muy buena en toda la cantera (90-100%), a excepción de los sectores S3, N1 y N3 donde la calidad es aceptable (50-75%).

El tamaño de bloque de acuerdo a la densidad y espaciamiento de las diaclasas es el siguiente: Para los sectores S3, N1, N3, N7 y N8 el tamaño extraíble es de 10 cm^3 a 1 m^3. Para los sectores S1, S6, S9, N2, N4, N5, N6 e E1 el tamaño extraíble es de 1 a3 m^3, aunque generalmente se aproximan a 1 m^3. Por último, para los sectores S2, S4, S5, S7, S8, S10 y E2 el tamaño posible de extracción es poco mayor a 3 m^3.

Se agradece a los Dres. Carlos Gardini y Emilio Ahumada y al Lic. Diego Moreno por sus colaboraciones en tareas de campo, y al Lic. Daniel Sales por sus sugerencias que permitieron mejorar la calidad de este trabajo.

Tabla 1. parámetros geotécnicos según la propuesta de Bieniawski (1989 - ITGE 1999)

Familias de diaclasas	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**
DBz/Bz promedio *(rumbo general)*	195°/4° (horizontal)	300°/89° (NE-SO)	36°/88° (NO-SE)	2°/87° (E-O)	95°/85° (N-S)
Espaciado *(de mayor a menor predominancia)*	S (0,6-2 m) MS (2-6 m) J (0,06-0,2 m)	S (0,6-2 m) MJ (0,2-0,6 m) MS (2-6 m) ES (>6 m)	MS (2-6 m) S (0,6-2 m) ES (>6 m) J (0,06-0,2 m)	ES (>6 m) Frente S S (0,6-2 m) Frente N MS (2-6 m)Frente N MJ (0,2-0,6 m)	ES (>6 m) Solo en N8
Continuidad *(de mayor a menor predominancia)*	Alta (> 10 m) Moderada (3-10 m)	Moderada (3-10 m)	Alta (10-20 m) Baja (1-3 m)	Moderada (3-10 m) Baja (1-3 m) Alta (10-20 m)	Moderada (3-10 m)
Apertura	C (0,25-0,5 mm) A (2,5-10 mm)	A (2,5-10 mm) C (0,25-0,5 mm)	A (2,5-10 mm) C (0,25-0,5 mm)	C (0,25-0,5 mm) A (2,5-10 mm)	C (0,25-0,5 mm)
Rugosidad	Planos escalonados y de superficies lisas a rugosas				
Relleno	En general se encuentran todas las fracturas sin relleno de materiales detríticos ni químicos				
Filtraciones	No presentan, las diaclasas se encuentran secas				
Resistencia de la matriz rocosa	En general la roca es muy dura a extremadamente dura				

ES: extremadamente separadas; MS: muy separadas; S: separadas; MJ: moderadamente juntas; J: juntas; C: cerradas: A: abiertas.

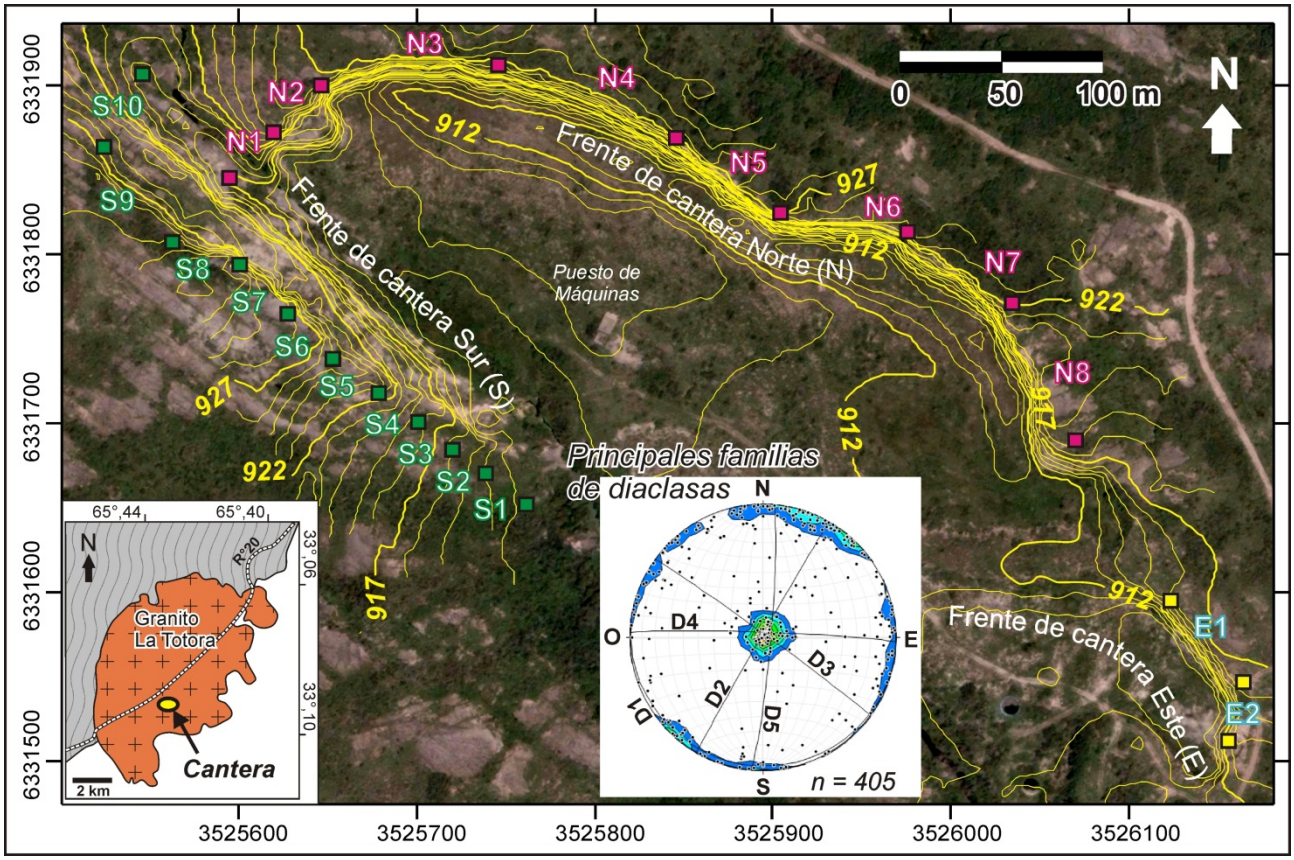


Fig. 1:A) Topografía de la cantera de granito La Totora (Ex Gobelli). Se muestra la subdivisión por sectores de los principales frentes de explotación, y un estereograma de las principales familias de diaclasas presentes.

REFERENCIAS

Ayala Carcedo, F.J., 1999. Manual de Campo para la descripción y caracterización de los macizos rocosos en afloramientos. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 83 pp.

Bieniawski, Z.T., 1989.Engineering Rock Mass Clasifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering.John Wiley and Sons, Inc. 251 pp.

Hudson J.A., 1989. Rock Mechanics Principles in Engineering Practice, Ciria. London. 72 pp.

López de Luchi, M., Manuel, F. y Rapalini, A., 2002. Batolito La Totora, Sierra de San Luis, Primeros Resultados. XV Congreso Geológico Argentino. Calafate, 1, 269-274, Buenos Aires.

INFLUENCIA DE LA DEFORMACIÓN DEL SUELO EN EL CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA SISMO-RESISTENTE.

María E. Médici y Alfredo R. Cortez

Departamento de Minería, FCFMyN-UNSL, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
kariname.km@gmail.com, acortez.rcc@gmail.com

1) Presentación del problema.

En la práctica habitual del cálculo de estructuras de Hormigón Armado, partimos de la hipótesis de que una estructura está apoyada sobre un suelo ideal que tiene características de un sólido rígido indeformable, lo cual está muy lejos de ser real. El suelo dista mucho de comportarse como un sólido rígido e indeformable, teniendo en cambio, un comportamiento del tipo elasto-plástico, modelado con mucha aproximación con una relación hiperbólica tenso-deformacional.

En el cálculo estructural se hace mucho hincapié en la precisión que se puede lograr al calcular solicitaciones a las que se puede encontrar sometido un edificio en pos de la seguridad de sus futuros habitantes. Esta mencionada seguridad queda por tierra cuando a la hora de plantear y resolver las fundaciones de una estructura, se adoptan hipótesis irreales, ficticias que destruyen toda reserva de seguridad adoptada, o exageran la misma con el consecuente encarecimiento de la estructura.

Con este trabajo se pretendió brindar una visión más clara de cómo plantear y resolver una fundación a través del método que se propone, sin dejar de aclarar que, a pesar de no ser un método exacto, por lo menos permite acercarnos con bastante precisión a lo que puede ser el comportamiento real del suelo.

Además de brindar un método que permita trabajar un poco más a conciencia en lo que a fundaciones se refiere, se pretende abrir la inquietud que pueda hacer posible futuros progresos y aplicaciones, ayudados de la creciente informatización.

2) Fundamentos teóricos del modelo propuesto:

A) Bases de Diseño:

Una cimentación para estar correctamente diseñada deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Trasmitir al terreno las cargas del edificio con asientos tolerables, garantizando la seguridad suficiente a la rotura (capacidad de carga del suelo) y al asentamiento (deformación del suelo).
- Poseer suficiente resistencia como elemento estructural.
- No resultar afectada por eventual agresividad del terreno.
- Estar protegida frente a modificaciones naturales o artificiales del entorno (helada, cambios de volumen del suelo, variación del nivel freático, excavaciones próximas, entre otras).

B) Fundamentos del método:

El cálculo de la distribución de tensiones y asientos bajo una superficie cargada, se complica cuando dicha superficie no es perfectamente flexible. Westergaard H.M., en su teoría simplificada supone que, en cada punto de una superficie cargada, la tensión vertical "σ" es proporcional al asiento "s" de ese punto, logrando la igualdad por medio de un coeficiente denominado coeficiente de balasto "*ks*", también denominado módulo de reacción de la subrasante.

$$\sigma = k_s * s$$

Este coeficiente es inversamente proporcional al radio de la placa que se emplea para realizar los ensayos de placa de carga. Entonces Westergaard H.M. con las correcciones de Boussinesq, J.V. y Stratton llegaron a la conclusión que "*ks*" es función de las dimensiones de la placa y del tipo de suelo. **Entonces, se hace necesario conocer un "*ks*" de balasto para cada forma y tamaño de base ya que no es una propiedad intrínseca del suelo.**

Se emplea el ensayo de placa de carga de dimensiones 30cm, para obtener gráficas *q vs s* y "ks_1" como módulo tangente inicial correspondiendo a la carga que provoca un asiento de 1mm.

Para determinar el "*ks*" para un suelo y una dimensión de base dada se emplean fórmulas empíricas como la propuesta por Terzaghi K.V.

Para zapatas cuadradas de ancho B tendremos:

Para arcillas duras $k_{sB} = \frac{30*ks_1}{B} = s_k * ks_1$;

para arenas $k_{sB} = (\frac{(B+30)}{2*B})^2 * ks_1 = s_k * ks_1$

Para zapatas rectangulares de ancho B y cualquier tipo de terreno tendremos:

$$k_{sBL} = k_{sB}(1 + \frac{B}{2L})$$

Kondner, R.L. y Zelasko, J.S. (1963) observaron que, en los suelos plásticos con endurecimiento por deformación, la relación tensión deformación puede ajustarse con mucha aproximación a una ecuación hiperbólica de la forma:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\varepsilon}{(a + b * (\varepsilon))}$$

En 1970 Kondner, Duncan y Chang extendieron la aplicación de esta ecuación a ensayos triaxiales, ensayos de caja de corte y ensayos de placa de carga. Los parámetros a y b se denominan parámetros hiperbólicos. Kondner, R.L. propuso reescribir la ecuación anterior obtenida de un triaxial de la siguiente forma:

$\frac{\varepsilon}{\sigma_1 - \sigma_3} = a + (b * \varepsilon)$ para un ensayo triaxial;

y $\frac{s}{q} = a + (b * s)$ para ensayo de placa de carga; q carga axial aplicada; s deformación.

Estas dos últimas se denominan transformadas de Kondner y las expresiones de las constantes hiperbólicas son:

$$a = \frac{1}{tg\alpha} = \frac{1}{ks_1}; \quad b = \frac{1}{q_{últ}}$$

Donde α es el ángulo que forma la tangente inicial a la curva $q\ vs\ s$ respecto de la horizontal.

3) <u>Extensión del método a placas de carga ficticias de ancho y largo igual al de una base real.</u>

a) Para cada ancho de base B se calcula $q_{últ}$ aplicando la fórmula de Terzaghi generalizada. Con ese valor se puede calcular $b = \frac{1}{q_{últ}}$ de la transformada de Kondner R.L.

b) Para determinar a aplico la fórmula empírica de Terzaghi, según el tipo de suelo y dimensiones de la base $a = \frac{1}{s_k * ks_1}$ ó $a = \frac{1}{k_{sB}(1+\frac{B}{2L})}$

Así vemos que para cada ancho B de base se puede obtener los parámetros a y b de la transformada de Kondner. Con $q_{últ}$ podemos obtener un $q_{adm} = \frac{q_{últ}}{fs}$ y un $q_{lím}$= *ft* *q_{adm} donde *ft* es un factor que tiene en cuenta el comportamiento dinámico del suelo y la zona sísmica.

4) <u>Procedimiento de cálculo:</u>

a) Se calcula la estructura para estado de cargas gravitatorias (peso propio y sobrecargas) y para cargas sísmicas, con sus correspondientes combinaciones de acuerdo al Reglamento INPRES-CIRSOC 103.
b) Se dimensiona cada base para las reacciones obtenidas en las distintas combinaciones de carga, considerando el suelo como un material rígido e indeformable.
c) Se selecciona el ancho de base correspondiente a la solicitación más desfavorable. Con ese valor de ancho de base seleccionado se calcula el coeficiente de balasto según la metodología de cálculo expuesta anteriormente. Se obtiene un $k_{s(g)}$ calculado para cargas q_{adm} y $k_{s(g+s)}$ calculado con $q_{lím}$.
d) Con estos valores se recarga el programa de cálculo elegido y se recalcula la estructura obteniendo nuevos valores de reacciones.
e) Se repite el proceso en forma iterativa a partir del punto b).
f) El proceso concluye cuando en dos iteraciones consecutivas obtenemos las mismas reacciones y por ende la misma dimensión de cada base.
g) En estos procesos iterativos hay que tener en cuenta que, si alguna base tiende a levantarse y despegarse del suelo, que suele ocurrir en la combinación con cargas horizontales (sismo), se debe colocar un valor de $k_{s(g+s)}$ cercano a 0 dado que el suelo no aporta resistencia a tracción.

REFERENCIAS:

Mecánica de Suelos Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Juarez Badillo , Rico Rodriguez.
Mecánica de Suelos Tomo II: Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos. Juarez Badillo , Rico Rodriguez.
Mecánica de Suelos. T W. Lambe – R V Whitman
Curso aplicado de cimentaciones. José Ma. Rodriguez Ortiz- Jesus Serra Gesta- Carlos Oteo Mazo.
Geotecnia y Cimientos I, II y III: Mecánica de Suelos y de las Rocas 2° Edición. José Jimenez Salas, José de Justo Alpañez, Alcíbiades A. Serrano Gonzalez.

IDENTIFICACIÓN DE FRACTURAS HIDRÁULICAS MEDIANTE MAPEO FOTOGRAMÉTRICO, TÚNEL DE ACCESO PERSONAL, MINA ANDES NORTE PROYECTO NUEVO NIVEL MINA, CODELCO-CHILE.

Jorge Guzmán
Geólogo Mina Andes Norte, PNNM, *Vicepresidencia de Proyectos, CODELCO-Chile*
jguzm025@codelco.cl

Jorge Pereira
Jefe Geología Mina Andes Norte, PNNM, *Vicepresidencia de Proyectos, CODELCO-Chile*
jpereira@codelco.cl.

La continuidad de la producción de la Mina El Teniente, para los próximos 50 años, pasa por profundizar la explotación respecto a los niveles actuales de operación. Este desafío conlleva realizar excavaciones en un macizo rocoso más competente, caracterizado por su comportamiento frágil en un ambiente de esfuerzo mayor a los niveles actuales. A la luz de la problemática de estallidos de roca asociada a los desarrollos de la Mina Andes Norte Proyecto Nuevo Nivel Mina; se tomó la decisión de pre acondicionar mediante fracturamiento hidráulico la galería TAP OIM, con el propósito de mitigar el riesgo sísmico.

Esta publicación se centra en el reconocimiento de discontinuidades del macizo rocoso primario, generadas por el proceso de fracturamiento hidráulico, mediante observaciones presenciales y especialmente a través de mapeo fotogramétrico de cada avance; con el propósito de validar, desde el punto de vista geológico, el preacondicionamiento de galería TAP OIM.

Como resultado de este trabajo, pueden señalarse las siguientes conclusiones:

- Se reconocieron ocho hidrofracturas interpretadas de los 42 segmentos identificados en las fotogrametrías, con una orientación media de N01°E/13°W (Figura 1), valor similar a lo indicado por modelo numérico Abaqus del sector (N9°W/12°W) (Figura 2).

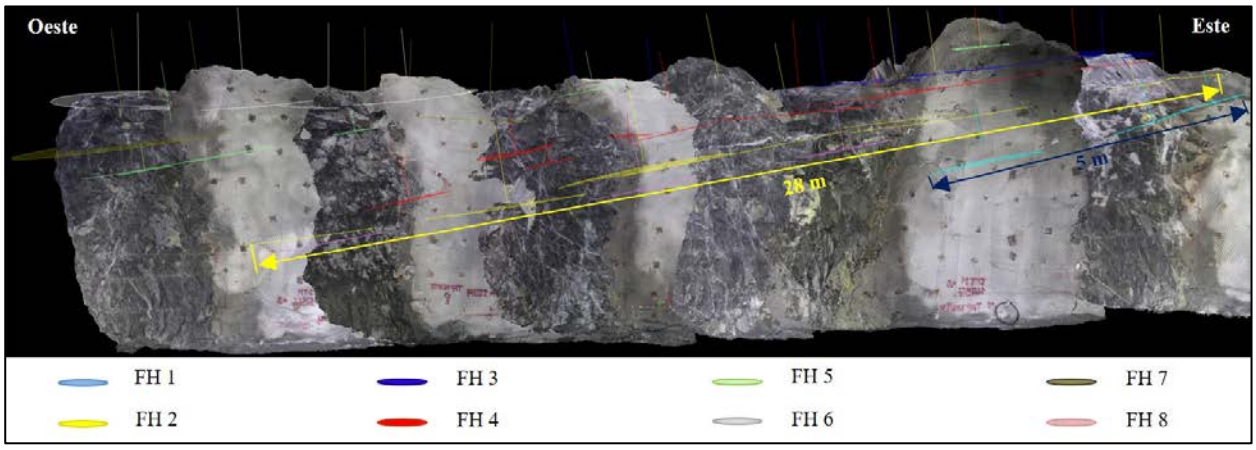


Figura 1: Fracturas hidráulicas identificadas en galería TAP OIM, mediante fotogrametría.

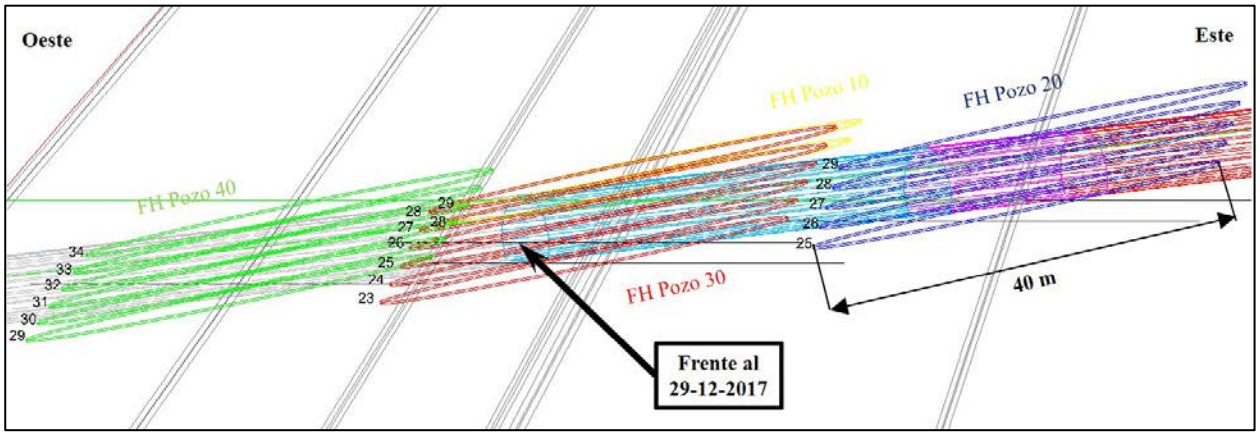


Figura 2: Diseño teórico de hidrofracturas, según modelo numérico Abaqus, en la galería TAP OIM.

- La persistencia de hidrofracturas se estima entre 5 m a 28 m de largo, según la interpretación del mapeo en galería TAP OIM.
- Para el caso de la hidrofractura interpretada de persistencia 28 m, esta longitud corresponde al largo mínimo que se puede estimar para una hidrofractura, dado que no se cuenta con evidencia de su continuidad, tanto sobre el techo de la labor (lado Este) como bajo el piso de la galería (lado Oeste).
- Con la identificación de las hidrofracturas mediante el mapeo de fotogrametría ADAM, se valida el proceso de fracturamiento hidráulico realizado en la galería TAP OIM.
- El método de mapeo fotogramétrico es categórico en la identificación de hidrofracturas en galerías.

ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO EN EL CENTRO CÍVICO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS, EVIDENCIAS DE LA EXISTENCIA DE TÚNELES JESUITAS. LA GEOLOGIA COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACIÓN.

Daniel H. Gómez, Carlos Gardini y Daniel Sales

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL) . Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
hdg2010@gmail.com

La presente contribución tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo en el casco histórico de la ciudad capital de San Luis, con el objeto de determinar mediante métodos indirectos la ubicación de anomalías que puedan coincidir con antiguas construcciones subterráneas de la época de la colonia. Además en el estudio se analizaron aquellas componentes que podrían ser alteradas por el proyecto, entre las que se destacan las escorrentías superficiales, su impacto en la obra en la etapa de construcción, las características de los suelos respecto a las condiciones geotécnicas, el patrimonio histórico y arqueológico de la ciudad. Además se realizó un relevamiento e interpretación geofísica, estudio micro gravimétrico y tomografías eléctricas 2D y 3D un relevamiento topográfico de detalle, así como un relevamiento e inspección ocular de las fachadas de los frentes en el área del proyecto.

El sector destinado para tal fin corresponde al área donde se realizó el tercer y último emplazamiento fundacional de la ciudad a partir del cual comenzó su desarrollo. En el área fundacional de la ciudad, se preservan algunos edificios históricos, donde se presume la existencia de construcción u obra subterránea que acompañara a los mismos. Se destaca en este estudio, los trabajos de investigación geofísica, tendiente a determinar la posible ubicación de zonas anómalas en el subsuelo, que puedan indicar la presencia de alguna obra histórica desarrollada con anterioridad.

Considerando la posible existencia de construcciones subterráneas como bóvedas, sótanos y túneles y canales, del periodo colonial, se realizaron exploraciones geofísicas, aplicando varios métodos que permitieron registrar anomalías similares a las construcciones mencionadas.

La ciudad de San Luis, cuya impronta colonial superficial esta reducida a expresiones mínimas, no es ajena a la posibilidad de contar con construcciones arquitectónicas en su subsuelo (sótanos, pozos de agua, cisternas, túneles, canales entre otros).

El tipo de construcciones realizadas en la época fundacional amerita o justifica la posible presencia de construcciones subterráneas como bóvedas, sótanos y túneles y canales.

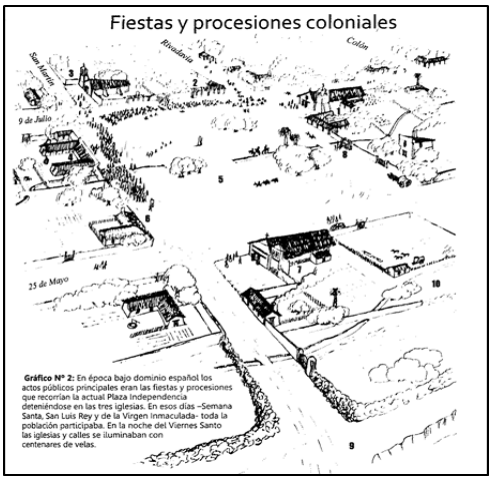


Figura 1: ilustración publicada en el Trabajo de Menéndez (2013). En la misma puede observarse una reconstrucción de las principales dependencias (y su disposición) existentes en San Luis para finales del siglo XVII.

Figura 2: Representación de los edificios sobre el trazado actual

La exploración gravimétrica arrojó mapas de anomalías residuales determinando al menos 5 cinco zonas con mínimos gravimétricos asociados a sectores del subsuelo bajo plaza Independencia, y vinculados a un déficit de masa y que podrían corresponderse con construcciones subterráneas (figura 3)

Las anomalías principales se ubican en la zona de la calle 9 de Julio en dirección Este-Oeste con la misma amplitud y longitud de onda de la anomalía calculada, a partir de un modelo teórico de un túnel de 2 metros de ancho y 2 metros de alto. La segunda anomalía de importancia podría representar una fuente anómala de menor contraste de densidad (Ejemplo: canal rellenado con material de menor densidad al sustrato sedimentario del sector y coincide con la ubicación de un antiguo canal que atravesaba la plaza.

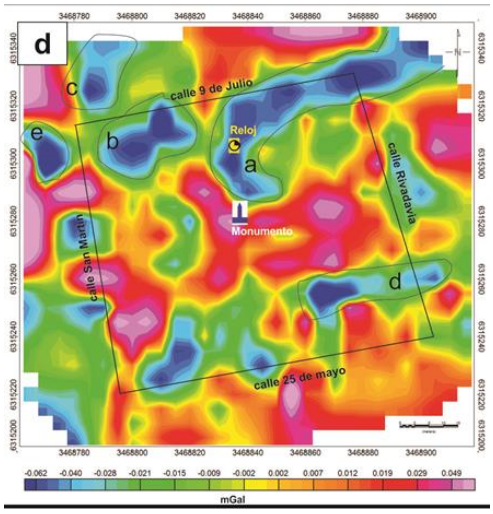


Figura 3: Mapa de anomalía gravimétrica residual de Bouguer, donde los colores fríos indica déficit de masa.

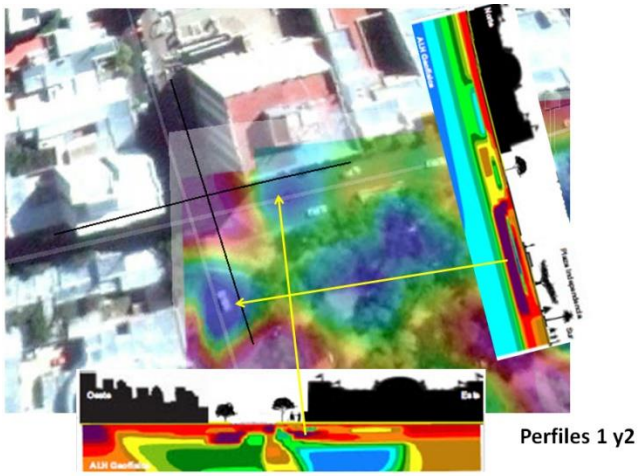


Figura 4: Relación comparativa entre anomalías gravimétricas (figura transparente) en planta y los perfiles geoeléctricos realizados en la intersección de 9 de Julio y San Martín

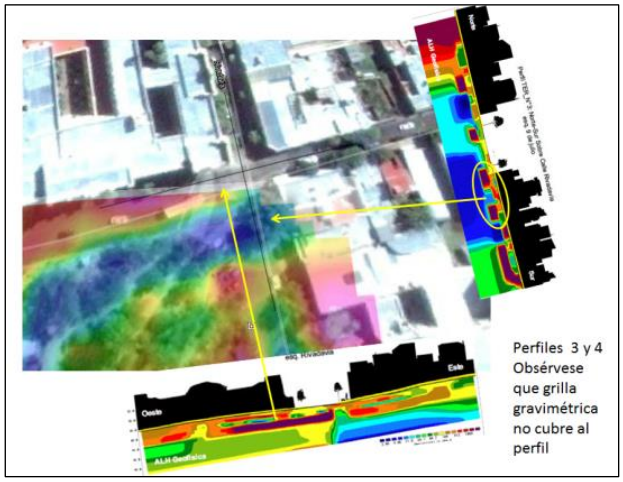


Figura N° 5: Relación comparativa entre anomalías gravimétricas (figura transparente) en planta y los perfiles geoeléctricos realizados en la intersección de 9 de Julio y Rivadavia

La exploración mediante el Método Geofísico de Tomografía Eléctrica Resistiva 2D y 3D indican que se puede afirmar que existen estructuras subterráneas bastante continuas por sectores, ya que los Perfiles de TER-2D tienen formas muy bien definidas, tabulares y alargadas, y las mismas se interpretan como estructuras remanentes de la vieja edificación cuyo cruce con otro perfil de TER-2D arroja la forma de rectángulo acotado, lo que correspondería al corte transversal de una estructura.

La falta de continuidad se puede deber a la interrupción de las anomalías por rellenos diferenciales o acumulaciones de materiales de derrumbe.

Se concluye que para los Perfiles de TER-2D y de acuerdo a la información de campo obtenida, la interpretación de las Imágenes de resistividad logradas en esta investigación estarían denotando un modelo matemático que representa, por su resistividad y profundidad, a los Túneles y/o Criptas desde los 2m hasta aproximadamente los 4 a 5 metros de profundidad y a los restos del Canal rellenado de sedimentos desde la superficie bajo el asfalto hasta aproximadamente los 2 metros de profundidad.

Referencias

CAPITANELLI R, R. 1989. Geografía de San Luis. Gobierno de la Prov. de San Luis. Ministerio de Cultura y Educación, pp. 205-216. (Castano y Bastias 1981

ENDERE, M. (2000) Arqueología y Legislación en Argentina. Cómo proteger el patrimonio arqueológico en Argentina. Serie Monográfica del INCUAPA, vol I. Dpto. de Publicaciones de la UNCPBA, Tandil

MENENDEZ, N. 2013 Guía Histórica de San Luis 1era edición- San Luis: El popular de San Luis, 150 P. ; ISBN 978-987-33-3360-61. Historia de San Luis. I. Titulo CDD 982.62

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA LADERA DEL MARGEN IZQUIERDO DEL RÍO SAN JUAN EN LA REPRESA DE ULLUM

Garcia, Gonzalo[1y2] y Gil, Verónica[1y2]

1. *Dirección de Recursos Energéticos – Secretaria del Agua – Ministerio de Infraestructura y* Servicios Públicos – *Gobierno de San Juan.*
2. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan.*

gonzalogarciageo@gmail.com ; vgilcrescentino@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La Dirección de Recursos Energéticos, administra y mantiene las 5 represas hidráulicas de la provincia de San Juan, sus lagos y perilagos incluido el dique de Ullum.

La represa Ullum se encuentra sobre el cauce del Río San Juan, en el extremo sureste del departamento homónimo y extremo noreste del departamento Zonda, en el centro sur de la provincia de San Juan, Argentina. El acceso a la misma se realiza por la ruta provincial N° 60 "Ruta del sol", la cual vincula la capital de la provincia con el departamento de Ullum (Figura 1). Ésta presa fue inaugurada en diciembre del 1980, y posee una longitud de coronamiento de 350 metros a 863 msnm y 67 metros de altura desde su fundación. Está formada por tres elementos principales, un núcleo impermeable, los filtros y los espaldones. Además, una capa de enrocado (riprap) protege el talud o paramento aguas arriba de la acción erosiva del oleaje.

Este dique representa una obra emblemática e histórica de la provincia, siendo la primera obra hidráulica de gran envergadura sobre el río San Juan que posee un módulo de 60 m^3/s según datos oficiales del EPSE (Energía Provincial Sociedad del Estado). Su volumen máximo a nivel de vertedero (cota 768 msnm) es de 440 Hm^3 y su volumen mínimo operable a una cota de 745 msnm es de 49 Hm^3, siendo el volumen útil del embalse 391 Hm^3 con un área máxima de 3100 Ha. Ésta obra considerada en sus inicios con una vida útil de 30 años, presenta actualmente diversas problemáticas de carácter geomecánico y principalmente debido a su contexto geológico.

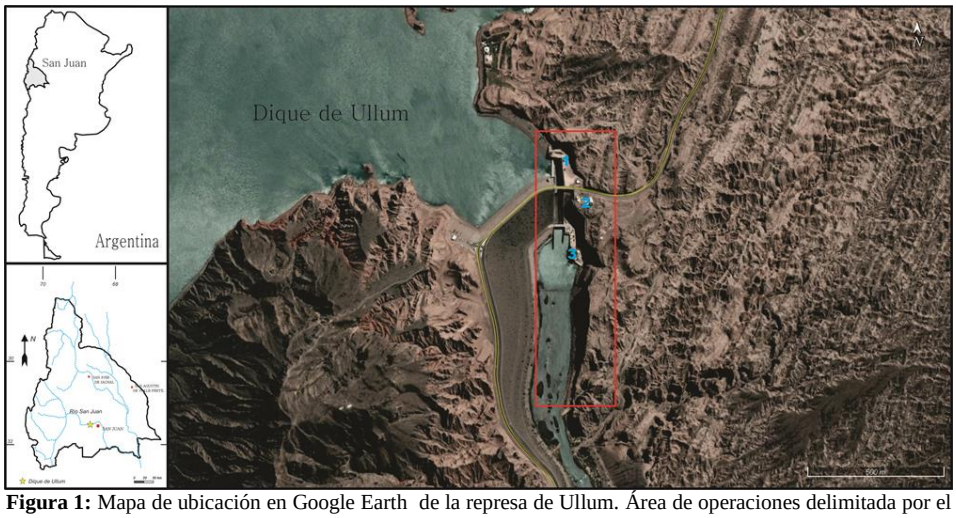


Figura 1: Mapa de ubicación en Google Earth de la represa de Ullum. Área de operaciones delimitada por el rectángulo rojo. 1. Compuertas aliviadero y puente grúa. 2. Centro de operación. 3. Central hidroeléctrica.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El dique de Ullum se emplaza sobre la unidad morfoestructural de Precordillera oriental, la cual está caracterizada por sierras de rumbo N-S y con una estructura de faja plegada y corrida con vergencia occidental (Ortiz y Zambrano, 1981). Debido a esto, es común la presencia de grandes anticlinales asimétricos cuyos ejes se orientan meridionalmente y sus planos axiales buzan al Este con alto ángulo (Allmendinger et al., 1990). De acuerdo con Siame *et al.*, (2002) el desarrollo de la Precordillera Oriental está dominado por un régimen de fallamiento inverso puramente compresional. Sin embargo, Perucca y Ruiz (2014), reconocieron a partir de datos geológicos, geofísicos y geodésicos, estructuras subsuperficiales con rumbo NE, con desplazamiento dextral y oblicuas a la dirección general del antepaís.

Esta presa, se ubica entre el extremo Norte de la Sierra de Marquesado y el anticlinal de Loma de las Tapias. La primera, está formada por sedimentitas calcáreas de edad cambro-ordovícica, correspondientes al Grupo Marquesado y a la Formación San Juan, y sedimentitas neógenas correspondientes a la Formación Loma de las Tapias (Serafini et al., 1985) y en su flanco occidental está limitada por la falla regional Villicum-Zonda con probable actividad neotectónica (Perucca y Ruiz, 2013).

PROBLEMÁTICA

El macizo rocoso que rodea las instalaciones de la represa de Ullum, su central hidroeléctrica y centro de operaciones, se encuentra conformado por rocas sedimentarias neógenas (Formación Lomas de Las Tapias) en series alternantes de areniscas, limonitas, arcilitas y conglomerados.

Estas rocas poseen abundantes cantidades de arcillas de tipo montmorilloníticas, lo que afecta las propiedades físicas (permeabilidad, compresión y resistencia al corte) de esta. Las arcillas tienen gran capacidad de retención de agua, siendo inestables y problemáticas geomecánicamente debido a los cambios de volumen que sufren por su expansión o compresión. Se presentan en bancos masivos de espesor variable entre 0,5 m a 1, 5 m y se intercalan con bancos de arena gruesas de un espesor aproximado de 0,30 m a 1 m y con facies conglomerádicas matriz sostén con clastos de 1 a 2 cm, bien seleccionados con matriz gruesa a muy gruesa. Estos bancos están afectados por dos familias de diaclasas con los siguientes datos espaciales: F1 (270^0; 85^0 N) y F2 (181º; 59º O). Estas discontinuidades son de tipo planar, rectas, con rugosidad suave, escasa abertura y sin relleno, lo que favorece al desplazamiento y caída de bloques de matriz rocosa.

El drenaje de aguas pluviales sobre el macizo arrastra material fino que se deposita en los equipos instalados en el entorno al puente grúa y aliviadero de la presa. Ésta precipitación genera una capa de sedimentos muy finos variable entre 60 cm a 2 m de alto, que impide el buen funcionamiento de los equipos mecánicos.

La ladera del margen izquierdo del Río San Juan, adyacente a la Central Hidroeléctrica, se cortó durante la construcción de la obra sin bermas intermedias, dejando sus caras expuesta sin ningún tipo de tratamiento. Desde la ejecución del corte han transcurrido más de 35 años y como consecuencia de esto, se evidencian procesos de alteración en las rocas y desprendimientos de bloques y sedimentos que obturan las instalaciones ahí presentes, generando riesgos para el personal y equipos instalados en el entorno.

La erosión diferencial que ocurre en el macizo, provocan un fenómeno de caída de bloques y acarcavamiento que se agrava progresivamente con el trascurso del tiempo. Lo que ocasiona que los estratos más duros (areniscas finas) sobresalgan de la línea de talud, frente a los más blandos (arcillas), por los que aparecen bloques de diversos tamaños por intersección geométrica de las familias de discontinuidades que afectan a los distintos estratos. Los bloques de arenisca caen al desaparecer el material que los sostiene por el pie o bien al quebrarse por flexión al quedar en voladizo.

CONCLUSIONES

La Dirección de Recursos Energéticos se encuentra realizando un plan de mejora y mantenimiento de las instalaciones de la presa con la finalidad de restablecer la seguridad para la circulación del personal y vehículos en el área aledaña.

Para ello se ha propuesto realizar una caracterización detallada de las propiedades y comportamiento geomecánico del macizo rocoso lindante. Este estudio incluye realizar una descripción de las propiedades de la matriz rocosa, frecuencia y tipo de discontinuidades, definir el grado de alteración y meteorización de las mismas, tamaño y forma de los bloques del macizo, sus propiedades hidrogeológicas, presencia de agua infiltrada, etc.

A través de una clasificación geomecánica de detalle (RMR de Bieniawski), se establecerán diferentes grados de calidad del macizo, en función de las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades. Esto proporcionará valores estimativos de sus propiedades resistentes y estado de tensiones in situ. Los índices de calidad relacionaran las características intrínsecas del macizo (análisis y descripción detallada de litologías y estructuras) con los parámetros geotécnicos para poder determinar y analizar su comportamiento geomecánico. Se definirá la estructura interna del mismo, su erosividad y sostenibilidad por sus propios medios o por elementos externos de contención a definir, fundamentando y recomendando obras de mitigación.

Debido a las problemáticas antes expuestas, se sugiere un monitoreo y seguimiento de posibles deformaciones y del comportamiento estructural de las rocas. Para ello, se deberá utilizar topografía de secciones, para medir deformaciones o convergencias en diversos lugares con lectura semanal. En cuanto a la caída y desprendimiento de rocas, se tendrá que realizar un plan de protección y sostenimiento del talud, limpieza y adecuación del sistema de drenaje. Entre las propuestas que se analizaron, las más adecuadas serian realizar un saneado de la cara expuesta del talud y un posterior sostenimiento a través de anclajes y/o por un mallado o realizar un talud de contención con material granular seleccionado que brinde sostenimiento a la ladera natural.

Otra de las tareas a realizar es el movimiento del material fino depositado en las instalaciones del puente grúa el cual mueve las compuertas del aliviadero de la obra. Este material ubicado al pie del talud, deberá ser trasladado hasta una zona de depósito dentro de un radio no mayor a 2 km.

Como requisito ambiental se considera de gran importancia que se cumpla en todo momento, la preservación del entorno visual y el entorno geológico natural.

REFERENCIAS

ALLMENDINGER, R.W.; FIGUEROA, D.; SNYDER, D.; BEER, J.; MPODOZIS, C. Y ISACKS, B.L., 1990. Foreland shortening and crustal balancing in the Andes at 308S latitude. Tectonics 9, 789–809. doi:10.1029/TC009i004p00789.

ORTIZ, A. Y ZAMBRANO, J. J., 1981. La provincia geológica Precordillera oriental. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3, pp. 59-74.

PERUCA, L. Y RUIZ, F., 2013. New data on neotectonic contractional structures in Precordillera, south of río de la Flecha: structural setting addressed by gravity and magnetic data. San Juan, Argentina. Journal of South American Earth Sciences.

SERAFINI, R.L.; BUSTOS, N.E. Y CONTRERAS, V.H., 1985. Geología de la Formación Loma de Las Tapias, Quebrada de Ullúm, provincia de San Juan. *1º Jornadas sobre Geología de Precordillera* (Buenos Aires). *Asociación Geológica Argentin*a, Serie A, Memoria y Reunión 2: 77-82.

SIAME, L.L.; BELLIER, O.; SÉBRIER M.; BOURLÈS, D.L.; LETURMY, P.; PEREZ, M. Y ARAUJO, M., 2002. Seismic hazard reappraisal from combined structural geology, geomorphology and cosmic ray exposure dating analyses: the Eastern Precordillera thrust system (NW-Argentina). Geophysical Journal International 150: 241-260.

ANÁLISIS DE LAS FUNDACIONES DE LOS AEROGENERADORES DEL PARQUE EÓLICO ACHIRAS, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Franco M. Francisca [(a) (b)], Juan C. Malecki[(c)], Luis Medrano[(d)], Juan P. Menin[(d)], Raul Palazzesi[(d)]
[(a)] *Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Córdoba, Argentina.*
[(b)] *Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina.*
[(c)] *Estudio y Proyectos, Córdoba Argentina*
[(d)] *Milicic Construcciones y Servicios, Santa Fe, Argentina*

El presente estudio de suelos corresponde al proyecto de fundaciones para 15 aerogeneradores, ubicados en proximidades de la localidad de Achiras en la Provincia de Córdoba, Argentina (Figura 1). El parque eólico Achiras es un Proyecto para la generación de energía sustentable. El mismo está ubicado a 7km al suroeste de la localidad de Achiras accediendo desde la Ruta Provincial N° 1, en el Departamento de Rio Cuarto, en la Provincia de Córdoba. El parque eólico está compuesto por 15 aerogeneradores ACCIONA AW125, de potencia nominal 3,15 MW cada uno, totalizando una potencia instalada de 47,25 MW.

FIGURA 1: Emplazamiento del parque eólico Achiras, Provincia de Córdoba.

Se presenta una descripción de las condiciones geológica-geotécnicas de los 15 emplazamientos donde se instalaron los generadores. En los emplazamientos de 5 de los 15 aerogeneradores se encontró suelo mientras que en los otros 10 emplazamientos se encontró roca aflorante. En sólo 2 de los 5 emplazamientos donde se encontró suelo el perfil estratigráfico está constituido en la totalidad de la profundidad explorada por suelos de diferentes características, mientras que en los otros entre los 6 y los 7 metros de profundidad se encontró un sustrato rocoso.

A partir de ello se analizan las fundaciones de las torres y se describen los condicionantes de diseño, incluyendo magnitud de cargas y excentricidad de las mismas, propiedades físicas y mecánicas del terreno y los horizontes de suelo y roca presentes. Se describe el análisis de las fundaciones, incluyendo verificaciones de capacidad de carga para condiciones de corto y largo plazo, asentamiento, giros, desplazamiento y estabilidad frente al vuelco. Se describe la solución adoptada para la fundación de las torres, las cuales consistieron en bases de geometría circular. De la totalidad de los aerogeneradores, 11 fundaciones se materializaron con bases de 19,60 m de diámetro demandando aproximadamente 378 m^3 de hormigón y 40 toneladas de acero, y otras 4 mediante cimentaciones circulares de 22 m de diámetro que requieren 468 m^3 de hormigón y 51 toneladas de acero (Figura 2).

Se describe la solución planteada para la cimentación de bases en suelo estratificado, incluyendo la materialización de rellenos compactados considerando las siguientes alternativas:

- Relleno granular estabilizado sobre el sustrato rocoso hasta el nivel de la cota de fundación (Relleno sobre roca)

- Relleno granular estabilizado sobre el terreno natural, colocado desde los 6m de profundidad hasta la cota de fundación (Relleno sobre terreno natural)

En cada situación planteada se consideró la utilización de distintos materiales incluyendo un relleno natural compactado, un relleno natural compactado y estabilizado con 2% de cemento y un relleno natural compactado y estabilizado con 4% de cemento. Se construyeron terraplenes de prueba los cuales fueron ensayados con el objeto de determinar las propiedades mecánicas mínimas requeridas para lograr un buen desempeño de las cimentaciones sobre materiales heterogéneos.

FIGURA 2: Construcción de las bases circulares para la cimentación de los aerogeneradores.

REFERENCIAS

BUDHU M. 2011. *Soil Mechanics and Foundations* (3er Edition), John Wiley & Sons, Inc.
BOWLES, J. E. 1988. Foundation Analysis and Design, Mc Graw Hill
VERITAS, N. 2002. Guidelines for design of wind turbines. *Det Norske Veritas: Wind Energy Department*, Ris National Laboratory, 2002.

DESARROLLO DE INICIO DE FASE EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

Ezequiel M. Faibiscob, Andrea A. Giubergia, Beatriz L. Pérez, Miguel A. Beninato, G. Verónica Gil-Costa
Universidad Nacional de San Luis, Departamento de Minería
andrea.giubergia@gmail.com

En el contexto de explotación de yacimientos mineros a cielo abierto (open pit), cuando se habla del inicio de fase, se refiere a diagramar a través de la planificación una secuencia de minado lógica que cumpla con las metas de la empresa. Esta meta se plantea primeramente por el área de Planificación de Largo Plazo. Luego, la transfiere a Planificación de Corto Plazo y esta área, después de realizar los ajustes necesarios, traspasa la información a Operaciones para llevar acabo lo planificado.

La planificación minera es el proceso que permite identificar y pronosticar el "qué" hacer, de modo de alcanzar los objetivos de la empresa junto con los presupuestos, los planes de ventas, los programas de inversión, la estimación de recursos y otros. Además, es la encargada de definir el PLAN DE PRODUCCION, dicho plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a beneficiar, como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado. Esta planificación minera debe reunir atributos de alta relevancia que es necesario asimilar, aceptar y considerar en cada una de las tareas constitutivas. Tales atributos son: coherencia, globalidad y dinamismo. De los tres tipos de planificación (Corto, Mediano y Largo Plazo), la de Corto Plazo es la única a la cual se le puede asignar un tiempo preciso, siendo esta planificación la que abarca la producción o la actividad de la faena dentro del día, los próximos cuatro, siete o treinta días, en cambio el horizonte de planificación de Mediano y Largo Plazo dependerá de la duración del proyecto, ya que no es lo mismo el Mediano o Largo Plazo para un proyecto de treinta años contra uno de tres años.

El objetivo de este trabajo es evaluar la importancia de la Planificación de Corto Plazo para resolver problemas imprevistos, ya que estas decisiones que se toman afectan directamente a las metas de producción de la empresa y a la dinámica de trabajo diario.

Se utiliza como caso de estudio la producción del año 2015 de la mina Veladero, donde se tuvieron en el transcurso del año distintos contratiempos que afectaron la producción y se les tuvo que buscar una solución desde la Planificación de Corto Plazo en conjunto con sus dos áreas laborales más cercanas, Planificación de Largo Plazo y Operaciones Mina. Por razones legales, los datos entregados fueron modificados, pero los procedimientos y decisiones tomadas son las aplicadas en la realidad.

Veladero se encuentra al norte del Valle del Cura, en la Cordillera Principal de los Andes Centrales, caracterizada por la presencia de importantes depósitos de Cu y Au presentes en el cinturón del Indio y cinturón de Maricunga – Farallón Negro. En esta región la mineralización está asociada a los cambios en la corteza y al espeso de la litosfera inducido por la subducción de la Placa de Nazca. Es un depósito de tipo "Alta Sulfuración" formado bajo condiciones oxidantes y desarrollado en un ambiente de diatrema/domo, que se encuentra bien conservado y caracterizado por un importante volumen de roca silicificada y la presencia de un extenso "Steam Heated" (material formado en la superficie por aguas acidas sulfuradas).

Las operaciones unitarias de Veladero se encuentran determinadas por dos grandes áreas de trabajo, perforación y voladura, y operaciones minas. Las decisiones tomadas en la Planificación a Corto Plazo consideraban: (1) factores económicos; (2) parámetros geométricos de diseño como límite de pit final y taludes; (3) diseños secundarios de una excavación del tipo Open Pit, necesarios para obtener los accesos a Trituración, Botaderos y Stocks desde los frentes de carga; (4) bermas que tienen por objetivo detener o contener a los vehículos en caso de emergencia.

Para realizar la planificación a Corto Plazo se utilizaron dos herramientas principales: planillas de control y estimación realizadas en Excel y software MineSight3D. Estas herramientas permitían el armado de plan semanal y analizar la disponibilidad de equipos de la semana de trabajo.

Un problema que se abordó con la planificación a Corto Plazo fue el que se presentaba en la fase denominada FF4 (Federico Fase 4), donde en el sector sur de la fase había cerro virgen, que es la mezcla de roca con coluvio (material terroso consolidado) y para poder realizar la perforación y voladura del sector, se debían construir plataformas con material de relleno para luego perforar y volar. Estos rellenos perjudican el trabajo que realizan los explosivos en la voladura, dejando parte del cerro intacto, que se encontraba cuando se excavaba el sector, debiendo realizarse voladuras secundarias para lograr la fragmentación total del cerro y conseguir el diseño de banco. Este proceso lento de excavación produjo que el sector norte avance más rápido, debido a que tenía un frente de excavación amplio para una pala y un cargador, con un material bien fragmentado que favorecía la productividad de los equipos. Mientras que el sector sur solo se podía avanzar con una pala o un cargador a la vez y con una productividad baja, afectada por el material mal fragmentado que genera un frente difícil de trabajar. Al momento de perforar en estos sectores de roca virgen, la productividad de estos equipos también se ve afectada, por perforar materiales de relleno en la parte alta y recién en el final del pozo se encuentra roca, estos se deben trabajar de forma lenta y con agua para evitar que se derrumbe y se pierda la perforación para la voladura. Se analizó que se tenía que disminuir la producción de los equipos de carguío, al tener que utilizar más recursos para poder avanzar rápidamente y no seguir afectando la producción del año, debido a que, por razón de avance normal en un pit, el estéril que no se mine retrasara la obtención de mineral a producir en un futuro.

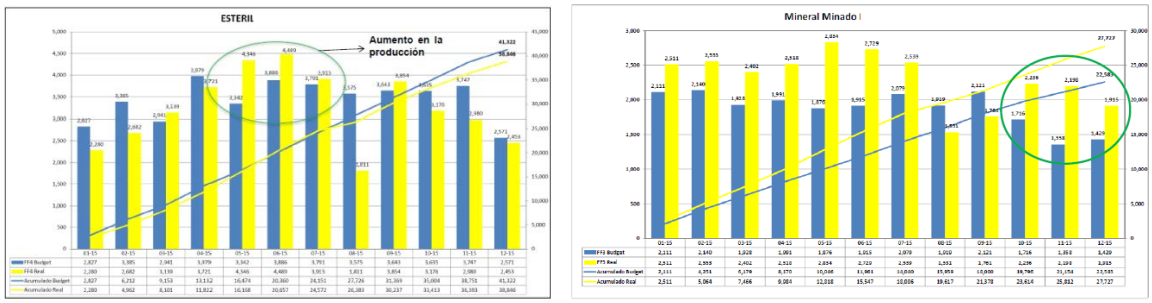


Figura 1: Mejoras obtenidas en producción de FF4: a. estéril, b. mineral minado.

Otro problema que se presentaba cuando se obtuvieran los frentes de excavación para los equipos planificados, eran los frentes de descarga en el botadero debido a que solo se tenía un botadero planificado por Planificación de Largo Plazo: el botadero denominado S22, Figura 2. Este al estar comenzando a construirse su frente de descarga no era suficiente para recibir el tonelaje total enviado por hora de dos palas y una cargadora (7310 t/h) sin generar espera de camiones para descargar. Observando el pit se encontró que se podía realizar una conexión por el sector norte con unos botaderos abandonados denominados S20, y que si se lograba la conexión quedarían más cerca la distancia de transporte. Este objetivo se logró, siguiendo las siguientes consideraciones de Planificación de Corto Plazo: (a) se supliría el retraso de estéril de FF4 con estéril de FF3, por lo que solo se tendría una pala y un cargador en FF4; (b) en FF4 se seguiría trabajando con el desfasaje de bancos hasta lograr la conexión con el botadero pampa de S20 y luego se ordenaría el banqueo aprovechando la mejora conseguida en los circuitos de transporte; (c) cuando los frentes de FF4 estén óptimos se subiría una pala para que quede la configuración de 2 palas y 1 cargador, pudiendo producir con los equipos funcionando según los KPI (Key Performance Indicator) un total de 120.000 t/día aproximadamente. Con estas consideraciones la producción de estéril se mejoró en FF4 de una forma notable a partir del mes de marzo, como se aprecia en los gráficos de la Figura 1, que muestran cómo fue la producción de estéril del año en las dos fases y los avances en la secuencia de excavación.

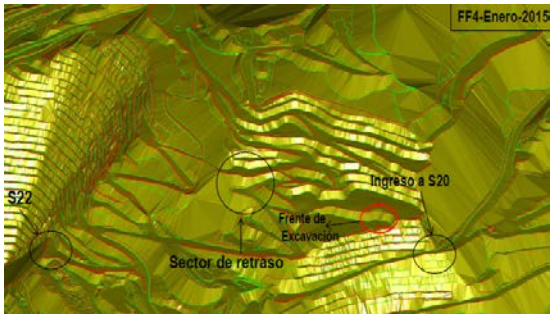


Figura 2. Desarrollo FF4.

Los resultados de la Figura 1 (las líneas amarillas son datos reales y las líneas azules son los datos estimados por la planificación original), muestran que con el análisis y evaluación de datos, junto con la re-estructuración de la planificación a Corto Plazo, se logró aumentar la cantidad de estéril y mineral extraído.

Referencias

Bustillo Revuelta, M., López Jimeno, C., 1997. Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras. Madrid.

Gonzales Paihua, T., 2010. Diseño de Minas a Tajo Abierto. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/667

Holley, E.A., 2016. The Veladero High Sulfidation Epithermal Gold Deposit, El Indio-Pascua Belt, Argentina: Geochronology of Alunite and Jarosite.

Lonergan, J. 2001. Mine Design & Evaluation of Alternative Long Range Mining Plans, USA.

Thorley, U., 2012. Open Pit Mine Planning: Analysis and System Modeling of Conventional and Oil Sands Applications.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LOS TALUDES DE LA AUTOVÍA R.P.N°20, ENTRE EL B° CERROS COLORADOS Y EL VOLCÁN, PROVINCIA DE SAN LUIS

Juan F. Denaro y Daniel A. Sales
Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
jfdenaro@gmail.com, sales@unsl.edu.ar,

Se analizan las características geotécnicas de los principales taludes de precorte, situados en ambas márgenes de autovía de la R.P.N°20, entre el Barrio Cerros Colorados y la localidad de El Volcán, en el extremo sur de la sierra de San Luis (Figura 1a).

Se seleccionaron 10 taludes de un total de veintiocho (N=28), donde se describen los parámetros cuantitativos de las discontinuidades y las características de su matriz rocosa, a fin de caracterizar y clasificar las condiciones geomecánicas del macizo.

Los taludes se desarrollan en rocas del plutón granítico El Volcán (Devónico). En el talud Nº15, solamente intervienen esquistos (Precámbrico – Paleozoico Inf).

Este macizo rocoso, a su vez está afectado por fracturas con dirección predominante NO-SE (fallas extensionales) y en menor medida NE-SO, con alto ángulo de inclinación

A partir del análisis geomecánico de los afloramientos según ISRM (1977), se destacan los parámetros geomecánicos predominantes: espaciamiento muy junto (0,20 a 0,60 m), muy baja continuidad (< 1 m), rugosidad media, abertura abierta (1 a 5 mm), estado de humedad seco, sin relleno, resistencia al plano “muy dura” (100 a 250 Mpa). El índice de calidad RQD, estimado según Palmstrom (1975), varía entre 50% y 75% (regular).

Los tipos de roturas que se pueden observar en los taludes, son principalmente planar y cuña, generados a partir de la disposición de las estructuras respecto a la dirección de corte del talud (Figura 1b,c). En estas condiciones, se producen caídas y deslizamientos de bloques con tamaño menor a $1m^2$. En menor proporción, se observan procesos de inestabilidad por vuelcos de bloques (Figura 1d).

Para la clasificación geomecánica de los taludes seleccionados (N=10), se utilizaron los índices RMR (Bieniawski, 1979), SMR (Romana, 1997) y GSI (Hoek y Brown, 1997), detallados en la Tabla 1. A partir del índice RMR (sin corregir), se estimaron los parámetros resistentes del macizo: ángulo de fricción interna (Φ) y cohesión (c) (Tabla 1).

Según el índice RMR (corregido), el 50% de los taludes se clasifican en clase III (calidad media), el 30% clase V (calidad muy mala) y el 20% restante, clase IV (calidad mala). Aplicando el índice SMR, el 50% de los taludes pertenecen a la clase IV (calidad mala), el 40% a la clase III (calidad normal) y el 10% restante, a la clase II (calidad buena). Por último, en el índice GSI del macizo rocoso, predominan las estructuras de “bloques irregulares” (BI) con condición del frente “buena” (B) (Tabla 1).

Talud N°	RMR (sin corregir)	RMR (corregido)	SMR	GSI	C (t/m^2)	Φ (°)
4	Buena (II)	Media (III)	Normal (III)	BI/B (40-60)	0.1 – 0.3	36 - 39
9	Buena (II)	Mala (IV)	Mala (IV)	BI/B (45-55)	0.1	38
12	Buena (II)	Muy mala (V)	Mala (IV)	BR/M (45-50)	0.05 - 0.3	35 - 37
14	Buena (II)	Muy mala (V)	Mala (IV)	BI/M (40-50)	0.05	34
15	Media (III)	Media (III)	Normal (III)	BC/M (35-40)	0.05	26
19	Muy buena (I)	Media (III)	Buena (II)	BI/MB (60-70)	0.7	45
22	Buena (II)	Mala (IV)	Mala (IV)	BI/P y BI/B (30-60)	0.05 – 0.3	28 - 40
24	Buena (II)	Muy mala (V)	Mala (IV)	BI/B (45-65)	0.1	37
25	Buena (II)	Media (III)	Normal (III)	BI/B (50-65)	0.1	39
28	Buena (II)	Media (III)	Normal (III)	BI/B (50-60)	0.2	38

Tabla 1: Síntesis de los resultados de la calidad de los taludes, según los índices RMR, SMR y GSI

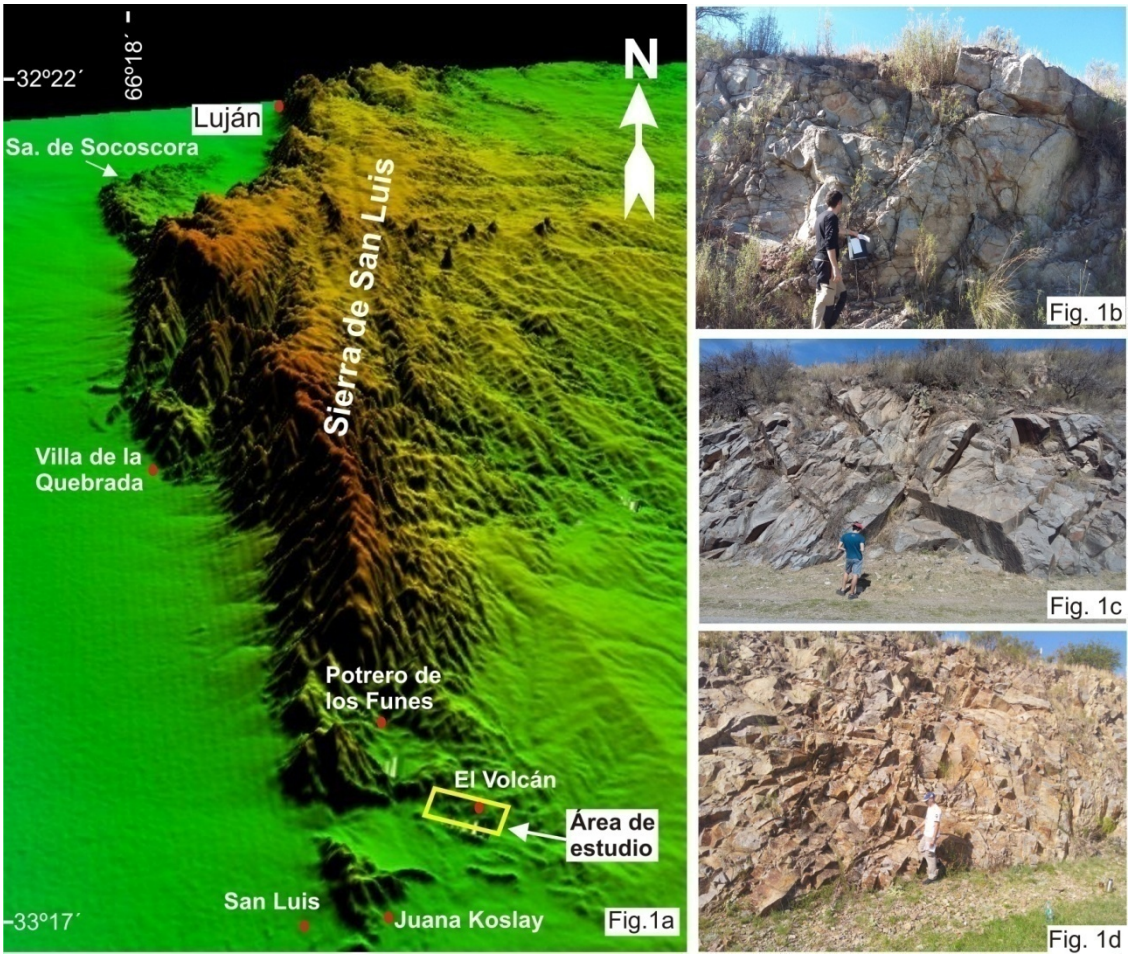


Figura 1: a) Mapa ubicación del área de estudio, **b y c)** Estructuras de deformación frágil, que afectan al macizo, generando rotura planar y en cuña, d**)** talud, donde se puede observa sobre la margen izquierda rotura por vuelco, mientras que el resto predomina la rotura planar

REFERENCIAS

Bieniawski, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications. 2º Int. Congress on Rock Mechanics, vol. II. Suiza.

Hoek, E. y Brown, E.T., 1997. *Practical estimates of rock mass strength. Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Elsevier*, Vol. 34, Nº 8: 1165-1186.

ISRM - International Society for Rock Mechanics - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests 1977. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rocks masses. Comittee on field tests document Nº4.

PALMSTROM, A. (1975). Characterization of degree of jointing and rock mass quality. Int. Report Ing. A.B. Berdel, A.S. Oslo, 62 pp.

Romana, M. 1997. El papel de las clasificaciones geomecánicas en el estudio de la estabilidad de taludes. IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Granada. Vol. 3º:955-1011.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA ELABORAR LADRILLOS CERÁMICOS PALMAR

María Pía Cruz y Carlos Herminio Serrano
Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Córdoba, Argentina.
ingmariapiacruz@gmail.com

La presente investigación consistió en realizar los ensayos de identificación geotécnica y clasificación de suelos utilizados para elaborar ladrillos cerámicos. La planta de ladrillos cerámicos es Palmar y se localiza en la zona periurbana de la ciudad de Córdoba (Argentina). Geológicamente dicha planta yace sobre la terraza alta de sedimentos finos (limo loéssico algo arcilloso) del rio Suquia. A fin de realizar clasificación de suelos, se realizaron los ensayos de contenido de humedad de la pasta (en su mayoría), lavado tamiz Nº 200 por vía húmeda, límites de Atterberg y granulometría por sedimentación. La cantidad de muestras ensayadas responde a más de 1000 a razón de una muestra por día por durante 3 años, siendo realmente un muestro de probetas poco visto en un sistema constructivo racional y controlado de la Argentina. Finalmente, los resultados de los ensayos de granulometría por sedimentación, serán procesados para definir lo parámetros de input del diagrama de Winkler (usado para clasificar suelos en la industria cerámica) y del ábaco de Casagrande (usado para clasificar suelos civiles en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Se estima concluir en un análisis comparativo de cual métodos es más representativo para clasificar los suelos para la industria cerámica.

INTRODUCCIÓN

En esta oportunidad se presentan los principales resultados de los ensayos de identificación geotécnica y clasificación de los suelos utilizados para manufacturar ladrillos de bloque cerámica en un sector la región mediterránea cordobesa (Argentina). En dicha figura se puede visualizar la planta de manufacturación y a uno de los yacimientos de suelos correspondientes a la terraza alta del rio Suquía. El mismo se encuentro hacia el sur de la RN 19 en la región identidad como Chacra de la Merced de la región preurbana de la ciudad de Córdoba. Cabe aclarar que esta región es conocida por existir yacimientos de suelos gruesos como finos; siendo estos de gran explotación comercialmente.

PRODUCTO MANUFACTURADO CON SUELOS FINOS

Unos de los usos de los sedimentos finos de la zona de Chacra de la Merced en la región periurbana de Córdoba, es manufacturar ladrillos cerámicos. Puntualmente, la preparación de la pasta húmeda es la fase inicial de producción más importante para cualquier producto cerámico. Ya que determina las características básicas del productor final y tiene implicancia en todas las etapas de producción posterior del mismo. En esta publicación, apunta a comparar dos métodos de clasificación de suelos (Winkler y Casagrande) y analizar cuál es más representativo de ser usado en la industria cerámica.

METODOLOGÍA

La caracterización de los sedimentos utilizados en la fabricación de ladrillos cerámica, implicó la planificación de una etapa de ensayos periódicos en el laboratorio. Implicando recibir varias entregas semanales de probetas a ser ensayadas provenientes de una fracción de algún bloque cerámico húmedo (también llamada pasta húmeda) proveniente de la salida de la boca extrusora antes de entrar al horno. La elección de la fracción de bloque húmedo cerámico a ensayar, se realizó en la planta Palmar. El muestreo de probetas ensayadas es a razón de una probeta por día durante un plazo de casi 3 años; generando ensayos en casi más de 1000 probetas. Realmente se lo considera una buena práctica profesional.

Los principales ensayos realizados a dichas probetas húmedas o pasta cerámica fueron (en el respectivo orden) en el laboratorio geotécnico son: contenido de humedad (ASTM D 2216), lavado tamiz Nº 200 por vía humedad (0,075mm) (ASTM D 1140), límites de Atterberg (ASTM D 4318) y ensayo granulométrico por sedimentación (ASTM D 422). Este último tiene el principal objetivo determinar los % de pasante de las partículas menores a 0,075mm de diámetro. Finalmente se presentaron gráficamente, las 3 fracción de suelos (o sea arcilla, limo y arena) según sus usos o entornos límites en los 2 diagramas a comparar (Winkler y Casagrande).

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LOS DOS MÉTODOS

En general las características fundamentales de las pastas cerámicas es la heterogeneidad de su granulometría y esto se traduce, a nivel productivo, en una variabilidad importante de sus propiedades según Martin et al. (2005). Los problemas derivados de la materia prima pueden reducirse a partir del estudio de su composición mineralógica y de los parámetros geológicos que influyen en su distribución granulométrica. Por ende los datos granulométricos resultados del ensayo de granulometría por sedimentación se graficaron en los 2 métodos de clasificación a comparar o sea en primer lugar Winkler y en segundo lugar el ábaco de Casagrande.

El primer método responde al diagrama de Winkler, quien ha estudiado puntualmente la calidad de las arcillas y su granulometría para los productos cerámicos de la construcción a partir de obtener una plasticidad suficiente y un

producto bastante compacto después de la cocción. Este diagrama es de forma triangular y en él se representa las líneas de 4 usos cerámicos; siendo estos: material de buena calidad con dificultad de producción; teja de cubierta; ladrillo cerámico; ladrillo macizo según lo menciona Florez Arena (2016). Cada vértice de este diagrama, representa un tipo de fracción granulométrica según se observa en la primera columna de la Tabla 1. El segundo método es utilizado internacionalmente para identificar los suelos de uso geotécnico; siendo, este más divulgado técnicamente para clasificar suelos en el mundo de las construcciones civiles. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras (la primera posición, responde al tipo de suelo fino y, la segunda posición a si tiene alta ó baja plasticidad). Finalmente la representación gráfica de las respectivas fracciones de suelos obtenidas de cada método (Winkler y Casagrande) se representaron en la Figura 1 como Figura 2, respectivamente.

Diagrama de Winkler	Ábaco de Casagrande
Arcilla menor a 2µm	Arcilla menor a 2µm
Limo entre 20µm a 2µm	Limo entre 75µm a 2µm
Arena mayor 20µm	Arena entre 75µm a 4,75mm

Tabla 1. Principales características de los tipos de úselos de los métodos de clasificación utilizados.

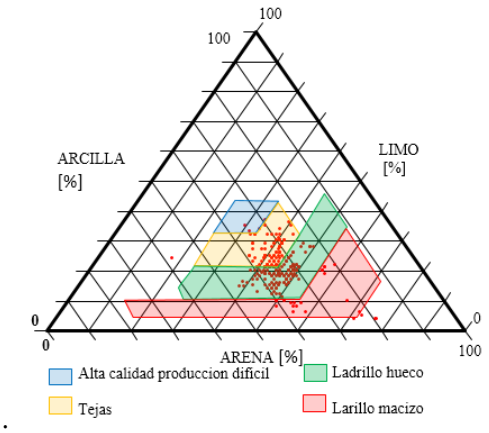


Figura 1. Diagrama de Winkler resultante usado en la industria cerámica.

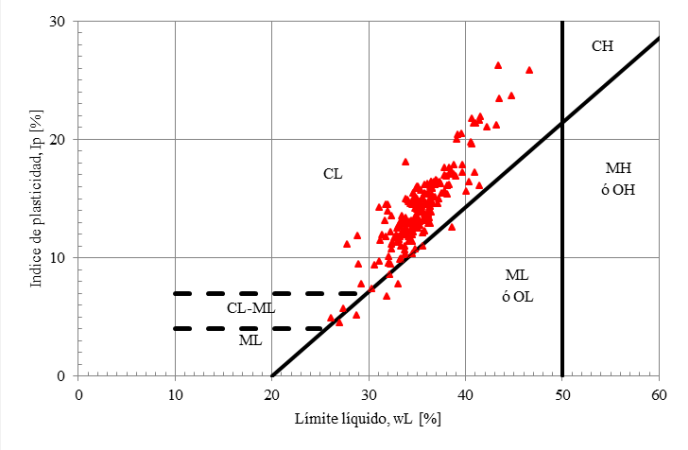


Figura 2. Ábaco de Casagrande resultante usado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (uso civil).

CONCLUSIONES

- Desde el diagrama de Winkler, se obtiene que el 60% de las probetas ensayadas responden a una óptima pasta húmeda para elaborar ladrillos cerámicos, el 25% de las probetas a un uso para tejas y el 5% restan a ladrillo macizo o ningún uso.
- Desde el ábaco de Casagrande, se obtiene que el 95% de las probetas ensayadas responde a una “CL” o sea “C” de arcilla para la primera letra posicionada y, “L” de baja plasticidad para la segunda letra posicionada. El 5% restante en una clasificación compartida entre CL-ML y ML.
- Los suelos clasificados en el diagrama de Winkler son más representativos y deterministas respecto a la clasificación en el ábaco de Casagrande. Debería considerarse esta buena práctica de realizar periódicamente ensayos y su correspondiente clasificación en el diagrama de Winkler en toda industria cerámica.

REFERENCIAS

FLOREZ ARENA A., 2016. Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de ladrillos en la ladrillera Mariscal Robledo S.A. Facultad de Tecnologías: Química industrial, Universidad tecnológica de Pereira, Colombia.

MARTIN J. et al, 2005. Mineralogía de arcillas cerámicas. El permo-trías de Castello, Castello de la Plana, p 28.Universitat Jaume I, D.L.

MATA A., 1981. Jornadas científicas sobre cerámica y vidrio, Oviedo: servicio de publicaciones de la universidad de Oviedo.

GEOLOGÍA APLICADA A LA DETECCIÓN DE LA FUENTE DE FILTRACIONES EN LA BOCA II DEL TÚNEL DE ADUCCIÓN DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO FUTALEUFÚ, PROVINCIA DE CHUBUT

Alejandro E. Celli[1] y Héctor R. Reynal[2]
[1]*Organismo Regulador de Seguridad de Presas – acelli@orsep.gob.ar*
[2]*Consultor independiente – reynalhr@hotmail.com*

Ubicada en el Parque Nacional Los Alerces, Futaleufú es una presa de materiales sueltos con núcleo arcilloso de 120 m de altura, cuyos principales objetivos son la generación hidroeléctrica y la regulación de crecidas. Una de las más notables particularidades de este conjunto de obras, es el puente tubería, de 8,50 m de diámetro, que atraviesa un valle glaciario de unos 450 m de extensión, conectando la Boca II con la Boca III del túnel de aducción, que trasporta el agua a presión desde la obra de toma, en el embalse, hasta la central hidroeléctrica, ubicada a unos 2000 m aguas abajo, con un desnivel vertical de unos 120 m (Figura 1).

Como en toda obra hidráulica, es frecuente la existencia de pequeñas filtraciones, debido a la imposibilidad práctica de alcanzar un sistema perfectamente estanco.

En el sector de la Boca II, las filtraciones observadas sobre la ladera que conecta el túnel con el puente tubería, fueron registrando un leve, pero sostenido incremento durante una década, sin tener certezas sobre la procedencia del agua infiltrada.

Hacia fines de 2013, se comenzaron a analizar diferentes hipótesis, determinando tres posibles alternativas: a) las filtraciones provenían de las precipitaciones, percolando localmente a través de las fisuras del macizo rocoso; b) provenían del embalse, atravesando, a lo largo de unos 600 m, el tortuoso sistema de discontinuidades del macizo rocoso, compuesto por tobas y andesitas brechosas; o c) filtraba a través del túnel de aducción, revestido en 40 cm de hormigón, y en parte blindado con la tubería de acero del puente acueducto.

Para dilucidar la incógnita sobre el área de aporte, se contó con distintos elementos de auscultación, que brindaron datos sobre: niveles de embalse; precipitaciones; 5 puntos de aforo de las filtraciones; análisis de calidad de aguas en el embalse y en uno de los aforos (Pujol *et al.*, 2013). A su vez, se recolectaron y analizaron antecedentes geológicos generales de la zona de obras, y del sector de interés en particular, provenientes de los estudios de anteproyecto, elaborados por Agua y Energía Eléctrica S.E. (Lanyi, 1972a, b). Finalmente, se llevó a cabo una visita al sitio, donde se caracterizó la configuración geológica superficial del área de interés.

A partir del análisis de las condiciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas, y sus relaciones con los factores hidrometeorológicos e hidroquímicos, se arribó a un área de aporte teórica, que pudo ser confirmada, unos meses más tarde, durante las tareas de mantenimiento generalizado programadas por la concesionaria, efectuadas en marzo de 2014. Estas tareas incluyeron la salida de servicio de la central y la reducción del embalse a su nivel mínimo, a fin de permitir el ingreso a los distintos sectores habitualmente inundados. Vale mencionar que esta operación se realiza, en promedio, cada 10 años, por lo que constituye una oportunidad invaluable para inspeccionar el estado de los diferentes sectores en forma directa.

De esta manera, se logró resolver una incógnita mantenida durante años, a partir del análisis conjunto de dos disciplinas que se complementan naturalmente: la geología aplicada y la ingeniería civil.

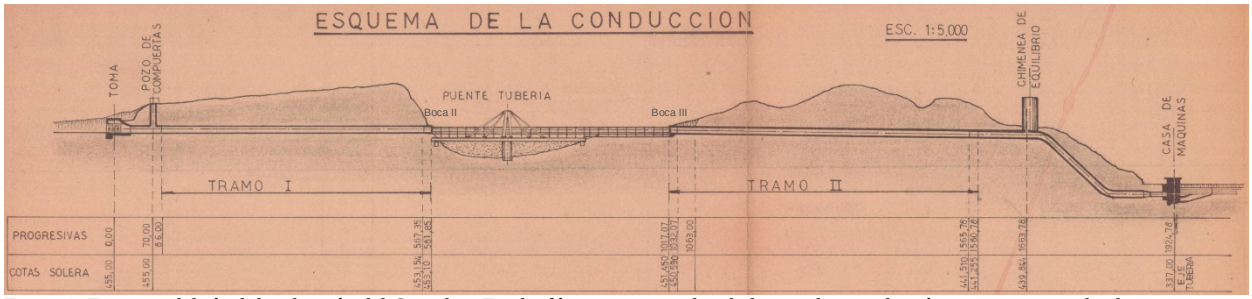


Figura 1. Esquema del túnel de aducción del Complejo Futaleufú, que conecta el embalse con la casa de máquinas, atravesando el macizo rocoso de la Formación Futaleufú, interrumpido por un valle glaciario, que es salvado por medio de una tubería colgante. Tomado de Sander, 1973.

REFERENCIAS

LANYI, L. P., 1972a. Perfil Geológico. Toma, Conducción y Central. Plano Geotécnico 598. Escala 1:2.000. Departamento de Estudios y Proyectos. Agua y Energía Eléctrica S.E. Inédito.

LANYI, L. P., 1972b. Geología Zona Boca 2. Apoyo del puente Acueducto – Planos IOCHF 245-246-247. Comisión Geotécnica Futaleufú. Agua y Energía Eléctrica S.E. 4 pp., 3 planos. Inédito.

PUJOL, L., PUJOL, A. y CABALLERO, C., 2013. Informe Anual de Auscultación Mayo 2012 – Abril 2013 Volumen II. Aprovechamiento Hidroeléctrico Futaleufú. RED Ingeniería SRL. 158 pp. Inédito.

SANDER, W., 1973. Túnel de Conducción. Revestimiento y Juntas. Plano Nº 8163c. Escala 1:5.000. Departamento de Estudios y Proyectos. Agua y Energía Eléctrica S.E. Inédito.

CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS GEO-INGENIERILES DEL MACIZO ROCOSO DE LA FORMACIÓN SANTA CRUZ EN LA ZONA DE CONDOR CLIFF, RÍO SANTA CRUZ PROVINCIA DE SANTA CRUZ, REPÚBLICA ARGENTINA

Alejandro E. Celli[1] y Florencia E. Falcioni[2]
[1]*acelli@frba.utn.edu.ar – Facultad Regional Buenos Aires – Universidad Tecnológica Nacional*
[2]*falcioni.florencia@gmail.com*

La caracterización de los parámetros geomecánicos de un macizo rocoso, permite estimar su comportamiento ante los esfuerzos generados por diversas obras de ingeniería, como presas, túneles, excavaciones, entre otras.

El presente trabajo se enmarca dentro de una serie de proyectos académicos, que involucran el PID ECUTIBA0004719TC de la Facultad Regional Buenos Aires – UTN, denominado "Comportamiento geomecánico de rocas débiles como macizo de fundación de presas de embalse en la República Argentina".

Durante el desarrollo de la investigación, se integraron diversos ensayos de campo y laboratorio, tendientes a establecer una caracterización geotécnica preliminar del macizo rocoso sedimentario de la Formación Santa Cruz, emplazado en la zona de Condor Cliff (50º12'S 70º52'O), provincia de Santa Cruz.

Previa recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos e imágenes satelitales, se llevó a cabo una campaña geológico – geotécnica, en la cual se tomaron muestras de roca intacta, y se efectuaron ensayos de campo para obtener la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa, sumados a un relevamiento estadístico de discontinuidades, siguiendo las recomendaciones de la International Society for Rock Mechanics (ISRM 1981).

A partir de las muestras obtenidas, se realizó una serie de ensayos de laboratorio, que incluyeron el estudio de 12 cortes petrográficos y el análisis de difracción de rayos X sobre 5 muestras de arcillas, a fin de caracterizar la litología de la roca intacta. Por otra parte, se ensayaron 19 muestras para obtener su resistencia a la carga puntual (ISRM, 1985).

Sobre la base de los resultados obtenidos, se aplicaron diversas clasificaciones geomecánicas, como el RMR (Bieniawski, 1989), el DMR (Romana, 2003), el RQD (Deere, 1963), y el GSI (Marinos y Hoek, 2000), a fin de establecer índices de calidad del macizo rocoso. A partir de estos índices, se calcularon una serie de parámetros geo-ingenieriles, tales como la resistencia al corte y a la compresión simple, y el módulo de deformación.

Finalmente, se presenta una serie de recomendaciones preliminares, de aplicación en las primeras etapas de dimensionamiento de distintos tipos de obras civiles.

REFERENCIAS

BIENIAWSKI, Z., 1989. Engineering rock mass classification: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering. Wiley – Interscience. 251 pp.

DEERE, D., 1963. Technical description of rock cores for engineering purposes. Felsmechanik un Ingenieurgeologie 1(1): 16-22.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock characterization. Testing and monitoring. ISRM suggested methods. Brown, E.T. Ed. Commission on testing and monitoring. International Society for rock mechanics. Pergamon Press.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested methods for determining point load strength. Commission on Testing Methods. Working Group on Revision of the Point Load Test Method. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences & Geomechanics 22(2): 51-60. Reino Unido.

MARINOS, P. y HOEK, E., 2000. GSI: A geologically friendly tool for rock mass strenght estimation. Proceedings of the GeoEng2000, International Conference on Geotechnical Engineering: 1422-1446. Melbourne.

ROMANA, M., 2003. DMR (Dam Mass Rating). An adaptation of RMR geomechanics classification for use in dam foundation. International Congress on Rock Mechanics. South African Institute of Min. and Met. 12 pp.

IMPORTANCIA DE LA ZONIFICACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN GEOTÉCNICA PRELIMINAR PARA PROYECTOS DE OBRAS LINEALES EXTENSAS

Agustín Balbis; Juan Pablo Cerutti y Georgina Destéfanis
Abya Terra SRL. Albano de Labergue 6240 - X5021DOD - Córdoba
balbis.agustin@gmail.com

La realización de un estudio geotécnico implica determinar las propiedades y el comportamiento geomecánico de los materiales geológicos involucrados en el área de emplazamiento de un proyecto determinado, a los efectos de aportar elementos técnicos que contribuyan con el desarrollo del mismo. Las incertidumbres del terreno deben ser resueltas con adecuada flexibilidad, para ejecutar diseños constructivos que eviten consecuencias costosas debido a la aparición de "imprevistos geológicos". La metodología clásica para llevar a cabo un estudio geológico-geotécnico, consiste en definir un modelo geológico de partida (base geológica), que se pueda integrar adecuadamente con el modelo geomecánico del proyecto (Hoek y Bray, 1974). El presente trabajo, tiene como objetivo destacar la importancia de la zonificación y parametrización geotécnica preliminar del terreno en proyectos lineales extensos, como por ejemplo un electroducto.

La correcta interpretación del medio geológico del área de influencia de un proyecto y su integración con el modelo geomecánico, condiciona la calidad del estudio geotécnico. Para elaborar el modelo geológico en áreas con una amplia heterogeneidad geológica y geomorfológica, resulta necesario considerar diversos aspectos entre los cuales se destacan la geomorfología, litologías (tipos, contactos y forma de yacencia), estructuras geológicas, espesor y características de sedimentos de relleno y las condiciones hidrogeológicas, entre otras. Los medios disponibles y comúnmente más empleados para abordar dichos aspectos son, como paso previo, una adecuada investigación bibliográfica, la cartografía geológico-geotécnica, los estudios hidrogeológicos e hidrológicos, los relevamientos *in situ*, la aplicación de técnicas de investigación geofísica, la ejecución de sondeos exploratorios y la realización de ensayos y análisis de laboratorio (Galera, 1994).

En este caso, la investigación tuvo por finalidad definir el entorno geológico-geotécnico, a los efectos de evaluar los principales procesos geomorfológicos y las variables geomecánicas de los materiales rocosos y sedimentarios en las zonas de implantación de un electroducto. La región de estudio abarca el sector centro oeste de la República Argentina, entre las provincias de San Juan y La Rioja. Los trabajos de investigación geotécnica, se realizaron con el objetivo de aportar elementos técnicos de utilidad en el marco del anteproyecto del tendido eléctrico. Para lo cual, se realizó una evaluación detallada de los aspectos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que intervienen en los tramos implicados.

Sobre la base de la alternativa de traza seleccionada en la etapa de factibilidad, se planificó una secuencia metodológica de investigaciones geotécnicas, que incluyó tareas de gabinete, campo y laboratorio. El trabajo de gabinete consistió en la recopilación de antecedentes, mapeo geológico-geotécnico y procesamiento de datos pre y post campaña. En campo se realizó el reconocimiento de las principales unidades geológico-geotécnicas definidas en gabinete, reconociéndose en ellas los procesos geomorfológicos y geotécnicos. Además, se desarrollaron investigaciones del subsuelo mediante sondeos exploratorios. En laboratorio se analizaron muestras de roca y sedimentos, a los efectos de determinar propiedades geomecánicas de los mismos. Por último, se aplicaron fórmulas y modelos matemáticos para la parametrización geomecánica y la definición de alternativas de fundación.

Para la ejecución del trabajo se consultó bibliografía técnica vinculada a la temática en análisis, además de documentación específica sobre estudios geotécnicos realizados la zona del proyecto. Posteriormente se confeccionaron planos geológico-geotécnicos del área de influencia de la obra. Para la digitalización de los mismos, se trabajó con el software de dibujo técnico AutoCAD, en el cual se utilizaron como base imágenes satelitales extraídas de Google Earth Pro. Previo a esto se realizó la interpretación detallada de las imágenes satelitales mencionadas, estableciéndose el vínculo correspondiente con la bibliografía y la cartografía geológica existente.

En el tramo de obra implicado en este estudio, se desarrollaron sondeos exploratorios, distribuidos estratégicamente en las unidades geológico-geotécnicas identificadas. En los mismos, se ejecutaron ensayos SPT, con extracción de muestras alteradas. Esto se realizó a los efectos de identificar el perfil geológico y determinar las características geomecánicas de los materiales que conforman el subsuelo. Complementariamente, se accedió a distintos puntos de la traza del electroducto, para identificar los aspectos más relevantes desde el punto de vista geológico, geomorfológico y geotécnico, a los efectos de establecer correlaciones con los datos resultantes de la exploración del subsuelo y tomar una idea general de los principales materiales de fundación y anclaje de las torres. Además, se confeccionaron fichas geotécnicas de los frentes rocosos expuestos y se tomaron muestras de mano de rocas más representativas de los mismos.

Estas tareas aportaron elementos claves y necesarios para elaborar el modelo geológico-geotécnico del tramo evaluado. Luego del reconocimiento general del área y sobre la base de las principales unidades geológico-geotécnicas definidas en gabinete, se procedió a evaluar y caracterizar geotécnicamente los sectores en los que afloran materiales rocosos (cortes de rutas, canteras y afloramientos naturales). Las muestras de rocas extraídas de afloramientos, fueron identificadas y clasificadas litológicamente. Adicionalmente se realizaron Ensayos de Carga Puntual (*Point Load Test*) sobre las mismas, para determinar la resistencia a la compresión simple. La

caracterización geotécnica de macizos rocosos, se realizó mediante la aplicación de la clasificación geomecánica GSI (Marinos y Hoek, 2000), a los efectos de estimar los parámetros del modelo de Hoek & Brown. La parametrización de los macizos relevados, fue realizada con software específico, a partir de los datos recabados en campo y los resultados de los ensayos de laboratorio.

La tipificación de los suelos, se llevó a cabo mediante la ejecución de sondeos exploratorios, distribuidos estratégicamente en las unidades geológico-geotécnicas identificadas. Todas las muestras extraídas de los sondeos mecánicos con ensayos SPT, fueron identificadas mediante el Sistema de Clasificación Unificado de Suelos (SUC).

Dentro del contexto geológico regional, la zona de estudio se enmarca en las provincias geológicas de Precordillera (extremo norte) y Sierras Pampeanas Noroccidentales. Desde el punto de vista geomorfológico, el sector se caracteriza por la presencia de serranías y cordones montañosos de edad paleozoica y cenozoica, formadas por rocas de origen marino y continental, y fosas en subsidencia que en sus depocentros contienen salinas, barreales y campos de médanos (Ramos, 1999). En la zona de influencia de la traza del electroducto, se diferenciaron tres ambientes geomorfológicos predominantes, denominados: 1- Montañoso morfoestructural, 2- Bajadas pedemontanas y, 3- Depresiones y planicies extensas.

Sobre la base de criterios geológicos y geotécnicos, se diferenciaron tres zonas geológico-geotécnicas principales, siendo algunas de estas divididas en subunidades menores. La zona Geológico-Geotécnica I (ZGG-I), denominada: "Sector montañoso morfoestructural con afloramientos rocosos y, depósitos coluvio-aluvionales subordinados", está representada por los relieves positivos, conformados por macizos rocosos sedimentarios (clásticos y calcáreos) y cristalinos (ígneos y metamórficos de grado medio a alto). Atento a la composición litológica de los cordones serranos atravesados por el proyecto, se subdividió a la unidad en tres subunidades menores a saber: ZGG-IA - Cordones serranos con afloramientos de rocas sedimentarias clásticas (areniscas, lutitas, conglomerados, etc.), ZGG-IB - Cordones serranos con afloramientos de rocas sedimentarias calcáreas (calizas), y ZGG-IC - Cordones serranos con afloramientos de rocas cristalinas (gneises granodioríticos, gneises esquistosos, granitoides, pegmatitas, etc.). En estos ambientes, predominan procesos geomorfológicos como deslizamientos de detritos y bloques en laderas, fenómenos de remoción en masa (aluviones y coluviones) hacia el fondo de los valles y erosión fluvial en valles intermontanos (torrentes de montaña).

La zona Geológico-Geotécnica II (ZGG-II), denominada: "Bajada pedemontana con depósitos de abanicos aluviales y coluviales coalescentes", se ubica en los quiebres de pendientes, en zonas perimetrales del dominio Montañoso morfoestructural. Está constituida por sedimentos de granulometrías gruesas (gravas, arenas y limos), con escasos finos plásticos (arcillas). Estos materiales se disponen conformando depósitos de aspecto conglomerádicos de granulometría media a gruesa. En general, el perfil generalizado representativo de la unidad está compuesto por mantos gravo-arenosos o areno-gravosos, algo friables en superficie y de elevada compacidad a profundidades superiores a 2,0 m. En este dominio, predominan procesos geomorfológicos como la erosión fluvial vertical y lateral sobre abanicos aluviales, erosión retrogradante (cárcavas) y laminar subordinada.

La zona Geológico-Geotécnica III (ZGG-III), se denominó: "Zonas de depresiones y planicies con depósitos fluvio-eólicos, fluviales y barreales". Esta unidad incluye los sectores bajos y planicies que se ubican en la periferia de salares, parte distal de abanicos aluviales, barreales y fajas fluviales. Atento a las variaciones morfológicas y composicionales del terreno dentro de esta unidad, se subdividió a la misma en tres subzonas menores a saber: ZGG-IIIA - Barreales, ZGG-IIIB - Planicie fluvio eólica, y ZGG-IIIC - Fajas fluviales activas y paleocauces asociados. En este dominio, se destacan procesos geomorfológicos como inundaciones temporarias, erosión eólica y licuefacción de suelos.

Para cada una de las zonas geotécnicas, se determinaron cotas de fundación y capacidades de carga de los principales materiales sedimentarios y/o rocosos yacentes, se determinó la posible presencia de niveles freáticos, se evaluaron posibles problemáticas geotécnicas asociadas, como asentamientos, deslizamientos, procesos de licuefacción u otros. Por último, se definieron tipos de cimentaciones, métodos y eventuales dificultades para la ejecución de las fundaciones en cada zona.

Como conclusión se puede decir que para proyectos de obras lineales extensas y con marcada heterogeneidad geológica y geomorfológica, la realización de una adecuada zonificación geológico-geotécnica con investigaciones y ensayos ejecutados en locaciones puntuales es de relevante importancia. Esto es porque, a partir de dicho proceso, se pueden determinar variables geotécnicas generales para luego correlacionarlas e integrarlas en el proceso de análisis general. De esta manera, se puede inferir un conjunto de propiedades tipo de los materiales que conforman cada dominio geotécnico, las cuales son de utilidad en las sucesivas etapas de un proyecto de ingeniería.

REFERENCIAS

GALERA, J. M. 1994. Caracterización Geotécnica de los Macizos Rocosos. E.T.S.I. Minas de Madrid. U.P.M., Madrid.

HOEK, E. y BRAY, J. W. 1974. Rock Slope Engineering. Revised 3rd edition. IMM. Chapman & Hall, Londres.

MARINOS, P. y HOEK, E. 2000. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In: Proceedings of the GeoEng2000 at the international conference on geotechnical and geological engineering, Melbourne, Technomic publishers, Lancaster, pp 1422–1446.

RAMOS, V. A. 1999. Las provincias geológicas del Territorio Argentino. En: Geología Argentina, R. Caminos (ed), Subsecretaria de Minería de la Nación. Servicio Geológico Minero Argentino SEGEMAR. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29, no 3 pp. 41–73. Buenos Aires.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL COMPLEJO HIDROÉLECTRICO CORDÓN DEL PLATA, PROVINCIA DE MENDOZA

Belarmino Antelo Pérez y Leandro M. Bacigalupe
Esin Consultora S.A.
esin@esin.com.ar

El proyecto del Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, enmarcado en los Andes mendocinos, se desarrolla en gran medida en la provincia geológica de Cordillera Frontal, atravesando el macizo que da nombre al proyecto. Además, es importante remarcar, que el sector que va desde la localidad de Uspallata hasta Potrerillos aproximadamente coincidente con el curso del río Mendoza, es el tramo en que la Cordillera Frontal se pone en contacto con otra provincia geológica, en este caso la Precordillera (Precordillera Mendocina). Ambas provincias están limitadas por una serie de estructuras de magnitud regional (Sistema de Fallas La Carrera).

El macizo del Cordón del Plata es un elemento estructural exclusivo de la Cordillera Frontal, de un eje mayor de dirección NNE-SSW conformado por rocas competentes, las cuales han hecho difícil su erosión. En general la erosión mayor se produce por parte de los cursos de agua y estructuras regionales simples, los que han aprovechado estas estructuras regionales para labrar sus valles (ejemplo Falla Tupungato, Falla del Río Colorado, Falla La Carrera, etc.). El río Mendoza, debe bordear el Cordón del Plata formando una gran horquilla hacia el sur de Uspallata, y que demuestra sus características como una unidad de rocas altamente competente.

Este cordón pertenece a una unidad morfoestructural formada principalmente por rocas en su mayoría rígidas, semicristalinas a cristalinas y otras de menor consistencia, tales como areniscas y rocas volcánicas y volcaniclásticas con discontinuidades de orden menor (diaclasas y zonas de fracturas menores) y mayores, como fallas areales y fallas de carácter regional.

Las rocas dominantes de la región pertenecen al complejo ígneo del período permo-triásico y son asignables al Grupo Choiyoi. Participan también otras litologías tales como granitos, granodioritas, grauvacas, areniscas cuarcíticas, intercalaciones de lutitas y limolitas, areniscas micáceas, tobas, diques intrusivos de pórfiros riolíticos, pórfiros riolíticos, brechas, lavas y pórfiros oscuros de composición dacítico-andesíticos.

Estas rocas son, según las investigaciones realizadas y los valores geomecánicos obtenidos durante los años de estudio, aptas para las tareas de fundaciones y excavaciones subterráneas proyectadas.

Características de Diseño

El desarrollo del proyecto Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata permite aprovechar el Río Mendoza y sus afluentes principales de modo que, en forma conjunta con el Aprovechamiento Hidroeléctrico Potrerillos, resulte un Aprovechamiento Múltiple e Integral del recurso, logrando beneficios tanto regionales como nacionales. Los primeros en cuanto a la capacidad de regulación de los derrames hídricos para riego y potencial desarrollo socio económico del valle de Uspallata y los segundos en cuanto a los beneficios de incorporar al sistema interconectado nacional un importante aporte de energía y potencia tendiente a cubrir los picos de demandas horarias en el país.

El actual planteo y selección de la alternativa del Estudio del Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata se apoya en numerosos antecedentes, S.A.D.I.P. (1951) Edes Auxini (1969), Agua y Energía Eléctrica S.E. (1981/83) y Universidad Nacional de Cuyo – Instituto de Politicas Energéticas de Mendoza (1994), que han sido minuciosamente analizados y a partir de las cuales se han definido y aportado soluciones propias que han permitido, en un proceso multicriterio técnico-económico y socio-ambiental, definir la alternativa más conveniente que resultó la denominada Alternativa 2a (Figura 1).

La Alternativa 2a seleccionada utiliza el salto topográfico disponible de unos 1400 metros en los 140 kilómetros de recorrido del río Mendoza desde Tupungato hasta Potrerillos a través de los siguientes 5 aprovechamientos hidroeléctricos:

- Aprovechamiento Punta de Vacas
- Aprovechamiento Rio Blanco II
- Aprovechamiento Uspallata
- Aprovechamiento Los Gateados II
- Aprovechamiento Los Gateados

Cada aprovechamiento consiste en un cierre frontal que permite regular los caudales prevenientes del río y/o túnel de conducción, un túnel de conducción y una central hidroeléctrica (CHE) aguas abajo de tipo exterior. La potencia instalada total es de 1.123 MW con una generación media anual de unos 3.000 GWh/año.

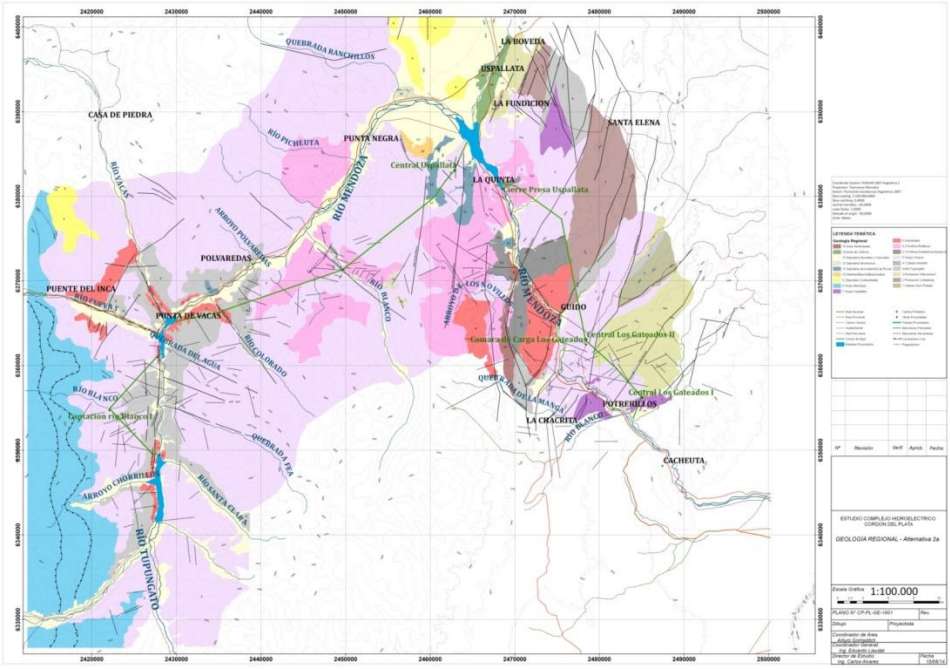


Figura 1: Mapa Geológico Regional escala 1:100.000 y trazado de obras seleccionadas

Condiciones geológicas

Las características geológicas y geotécnicas que mejor definen el conocimiento actual de las obras proyectadas podrían resumirse en los siguientes puntos:

- Presas que se fundan en mantos aluvionales de gran potencia que requieren pantallas de impermeabilización verticales del tipo muro colado de hasta 90 metros de profundidad a través de dicho manto.
- La longitud de unos 82 kilómetros de túneles de conducción a través macizos rocosos de distintas características geológico/geotécnicas y tapadas muy variables, que condicionan de distinta manera los métodos de construcción y el tipo de confortación a utilizar.
- La implantación de las obras en zona de alta sismicidad
- La implementación de sistemas constructivos que permitan la ejecución de las obras en el menor plazo posible, como es la utilización de tuneleras para la excavación de los túneles.
- En base a las características señaladas y para avanzar en la elaboración del proyecto licitatorio de estas obras será necesario llevar a cabo los siguientes estudios e investigaciones complementarios:
- Realizar los relevamientos topográficos faltantes, en escalas apropiadas, en la zona de cada uno de los cierres previstos, abarcando las obras de tomas y descargas, vertedero, túneles de desvío y descargador de fondo; y en áreas de Casas de Máquinas y restitución
- Profundizar los estudios hidrológicos: análisis de la sedimentología fluvial y modelación hidráulica del río
- Confeccionar perfiles y cortes geológicos explicativos, que refuercen y clarifiquen el modelo geológico del área de estudio. Todos los aspectos geológicos de detalle se deberán generar en escala 1:1.000 y corresponderán a los sitios de las presas, cámaras de carga, captaciones, tomas y descargas, vertederos y centrales.
- En relación a los túneles de conducción prever la elaboración de planos en escalas del orden de 1:10.000 a 1:20.000 con la descripción de las unidades geológicas aflorantes, incluyendo tipo de roca, características físicas, descripción de los niveles de alteración de la roca, sistemas de fracturamiento y cualquier otra característica geológica relevante que influya en el desarrollo del proyecto, siguiendo las recomendaciones de la ISRM (International Society of Rock Mechanics), en sus diversos documentos relativos a la temática para clasificaciones geomecánicas.
- Determinar las características de los suelos del subálveo y de las rocas en la zona de los distintos cierres mediante la realización de ensayos geofísicos (geosísmica y geoeléctrica), ensayos geotécnicos en sondeos verticales, y calicatas y trincheras para estudiar los materiales de los yacimientos para dichos cierres.

Referencias

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, “Evaluación Técnico-Económica, Etapa I”

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Características Técnicas"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1981. Aprovechamiento Río Mendoza – Aprovechamiento Cordón del Plata "Resumen de Información"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1981. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Informe de Prefactibilidad Fase I"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Descripción y Fichas Técnicas"

Espizúa, Lydia 2001. "Glaciaciones cuaternarias en el valle del río Mendoza, Andes Argentinos". IANIGLA, 30 año de investigación básica y aplicada en ciencias ambientales.

Espizúa, Lydia et al. "Proyecto N° 7: Determinación de zonas de riesgo de remoción en masa en el valle del río Mendoza entre Picheuta y Las Cuevas"

Espizúa, Lydia 1997. "Chronology of late Pleistocene glacier advances in the Río Mendoza valley, Argentina". Elsevier.

Fauqué, L.; Cortés, J.; Folguera A.; Etcheverría, M. "Avalanchas de rocas asociadas a neotectónica en el valle del río Mendoza. Peligrosidad Geológica Asociada". Serie Contribuciones Técnicas.

Fuentes, A. J., Ramos, V., Velo, R. "La falla del Río Tupungato: Una fractura de cizalla gondwánica, Mendoza, Argentina", Inédito.

Gutiérrez Elorza, Mateo, 2008. "Geomorfología" Editorial Pearson-Prentice Hall, Madrid.

Polanski, Jorge 1962. "Estratigrafía. Neotectónica y geomorfología del pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza". Revista de la Asociación Geológica Argentina, Tomo XVII, Nro. 3-4.

Ramos, Víctor 1999. "Las Provincias Geológicas del Territorio Argentino". Geología Argentina, Anales 29. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR.

Ramos, Víctor 1999. "Rasgos Estructurales del Territorio Argentino". Geología Argentina, Anales 29. Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR.

Ramos, V. 2010. Hoja Geológica 3369-III "Cerro Tupungato", Provincia de Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR.

Ramos, V. 2010. Hoja Geológica 3369-I "Cerro Aconcagua", Provincia de Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR.

UNCuyo-IPE, 1994, "Estudio de la regulación del río Mendoza en Uspallata".

GEOLOGÍA FORENSE: UTILIZACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA PARA LA DETECCIÓN DE FOSAS CLANDESTINAS

David Aguilera [(1)], Aldo Giaccardi [(1)] y Guillermo Sagripanti [(2)]
(1) Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis. San Luis. Argentina.
(2) Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba. Argentina.
adavid@unsl.edu.ar

La tomografía eléctrica, la sísmica de refracción y el georradar son métodos geofísicos muy difundidos en la resolución de problemas geotécnicos, debido a que tienen un alto poder resolutivo en la definición de la estructura del subsuelo somero. Estas técnicas de exploración se basan en que los distintos materiales subsuperficiales contiguos, en función de su composición mineralógica, texturas y disposición, presentan propiedades físicas características tales como densidad, permeabilidad magnética, constante dieléctrica, resistividad, etc. y la delimitación de los contrastes de dichas propiedades permite ubicarlos espacialmente desde la superficie, sin necesidad de alterar el medio físico.

En el caso de la búsqueda de fosas clandestinas, donde el enterramiento por lo general no sobrepasa los 2 m de profundidad, bajo ciertas condiciones de entorno, la Tomografía Eléctrica puede resultar una técnica de exploración muy eficaz para su localización.

Con este método, el resultado que se obtiene es una sección vertical del terreno (distancia-profundidad) con la distribución de la resistividad real del subsuelo, la que estará relacionada con las distintas estructuras presentes. De esta forma, se puede lograr a través de un estudio de carácter no destructivo, que cubre varias hectáreas en poco tiempo de trabajo, con un buen nivel de detalle, determinar zonas potenciales de enterramientos. Su efectividad dependerá de que exista contraste resistivo bien definido entre el sitio donde se realizó la fosa y el terreno circundante, situación que no ocurre siempre.

Con el objeto de optimizar las posibilidades de buenos resultados en las mediciones geoeléctricas, lo primero que se debe realizar es el reconocimiento del área. En esta etapa, es importante el relevamiento de todo dato superficial o de subsuelo que puedan generar perturbaciones en la medición, comprobar las posibilidades operativas con el equipo, y en lo posible, hacer una calicata o trinchera con el objeto de reconocer el perfil geológico del subsuelo.

Este último punto es de suma importancia, ya que permite la observación directa de un corte del subsuelo, y determinar si presenta un cierto grado de ordenamiento textural o estructural. Asumiendo que el terreno presente cierta homogeneidad, al excavar un pozo y luego rellenarlo, ésta se verá interrumpida y la tomografía eléctrica mostrará una distorsión en las secuencias resistivas. En el caso de terrenos caóticos o muy modificados por la acción antrópica, difícilmente puedan encontrarse anomalías en el paso de la corriente, y el método no sería aplicable.

Con estos datos, se estará en condiciones de planificar en gabinete el esquema de la distribución de Tomografías Eléctricas sobre el terreno. Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación. Las configuraciones electródicas más apropiadas son Wenner, Schlumberger y Dipolo-Dipolo. Como regla general, si se están buscando fosas individuales, la separación interelectródica no debería ser mayor a un metro para conseguir suficiente resolución lateral, y se deberá investigar hasta al menos 3 m de profundidad teórica.

Antes de comenzar con la prospección geoeléctrica del subsuelo propiamente dicha, es conveniente efectuar una tomografía en un sector donde las condiciones naturales no se encuentren alteradas, con la finalidad de caracterizar eléctricamente el suelo original. Cumplidas estas etapas, se realizarán las mediciones en el sector a investigar.

Una vez realizadas las tareas de campo, se pasará a la etapa de interpretación de los resultados, donde las tomografías exploratorias se compararán con el patrón de referencia, con el objeto de apreciar variaciones laterales en la distribución de la resistividad.

La resistividad de los suelos tiene un margen de variación muy amplio, siendo el contenido de humedad el parámetro más determinante. En zonas húmedas, donde el nivel freático se encuentra cercano a la superficie, es posible que el lugar donde se ha realizado un enterramiento se refleje como una anomalía conductiva, asociada a la menor compactación del terreno, aumento de la porosidad y mayor contenido de humedad. En regiones áridas, de suelos muy secos, la menor compactación del terreno podría reflejarse como una anomalía resistiva. En suelos con un alto grado de ordenamiento mineralógico, la anomalía se verá como un corte en los estratos resistivos. En caso de hallarse variaciones de resistividad compatibles con las dimensiones de una fosa, estas se identificarán en el terreno, para luego proceder a la verificación mediante sondeos mecánicos.

Un ejemplo de aplicación del método, se presenta en la Figura 1, en la cual se muestra el resultado obtenido en una sección de tomografía eléctrica realizada en el cementerio de San Lorenzo (Santa Fe), en un sector de terreno donde se observaba cierto ordenamiento estructural en los sedimentos, y otro sector donde la distribución de la resistividad presenta irregularidades, las que posteriormente se comprobó que correspondían a enterramientos humanos.

La Tomografía Eléctrica es, sin duda, una herramienta de carácter no destructivo muy eficaz para la localización de posibles enterramientos clandestinos, pero su efectividad dependerá de que en sitio donde se hizo la excavación, se produzca una modificación de la conducción de la corriente eléctrica. El método no determina la existencia de un cadáver, sino que sólo indica alteración de la resistividad del medio, la que puede la que puede ser originada también por otras causas. Por este motivo, se recomienda junto con esta metodología aplicar otras técnicas geofísicas (como por ejemplo el Georradar) para reducir las incertidumbres en la interpretación y aumentar la posibilidad de hallazgo.

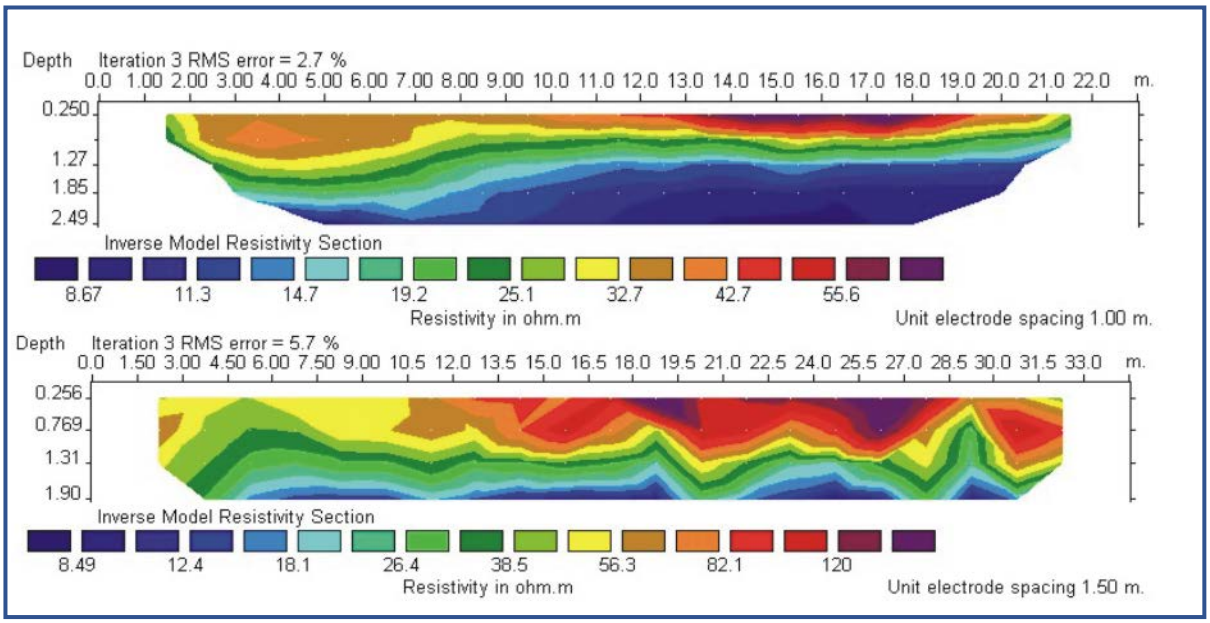


Figura 1: resultado gráfico de un estudio para la localización de enterramientos clandestinos, realizado en la ciudad de San Lorenzo, en donde se aprecian los contrastes de los materiales en un suelo con cierto ordenamiento estructural, y un área donde las condiciones locales fueron alteradas.

APLICACIÓN DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA DE MUY BAJA ENTALPÍA PARA CLIMATIZACIÓN. UN CASO DE ESTUDIO EN LA LOCALIDAD DE OLIVOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

M. Sticco[1], M.L. Lemos[1] y S.P. Barredo[2]
[1] *Universidad Católica Argentina (UCA), Facultad de Ingeniería y Cs Agrarias, Av. Moreau de Justo1500, CABA*
msticco@uca.edu.ar

[2]*Departamento de Postgrado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Av. 25 de mayo 444, CABA.*
sbarredo@itba.edu.ar

Uno de los grandes desafíos del siglo XXI es hacer un uso racional y eficiente de la energíay al mismo tiempo satisfacer las crecientes demandas de energía en el mundo, incluir a sectores sociales de bajos recursos en el uso de la energía y al mismo tiempo disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Actualmente en Argentina, el consumo de energía en viviendas, instalaciones comerciales y públicasrepresenta el 30% del consumo total. A su vez, de este consumo, cerca del 50% se utiliza para acondicionamiento de aire, calefacción y refrigeración. Por lo tanto, alrededor del 15% del consumo energético total se emplea en acondicionamiento térmico. Esta energía proviene en su mayoría de las reservas de combustibles fósiles, es decir, recursos naturales no renovables. Por lo que, conduce a un aumento continuo de las tarifas energéticas.

Dada la magnitud de estos consumos, es necesario explorar las distintas alternativas para hacer un uso más eficiente y racional de los recursos energéticos disponibles, disminuyendo a su vez las emisiones de los GEI.

En particular en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, tiene el consumo energía eléctrica más alto de todas las grandes urbes del país alcanzando un 12 % del total de energía eléctrica que se utiliza en el territorio argentino sólo seguida por la ciudad de Santa Fé con un 9% y la ciudad de Córdoba con un 7% (CEDEM, 2013).Los indicadores de consumo *per cápita* de los habitantes de la Ciudad de Buenos Aires superan ampliamente los del resto de las provincias. Esto último es debido, fundamentalmente, a que su población diurna está asociada a cuestiones laborales, de estudio, médicas, etc. que así supera a su población residente con el consecuente incremento en el consumo energético. Los consumos de tipo comercial y oficial prácticamente duplican el consumo residencial (CEDEM, 2013).

La energía geotérmica representa el calor natural e interno de la tierra o de la radiación solar, que se almacena dentro de la roca y sus fluidos. A través de varios procesos térmicos, este calor se transfiere lentamente a la superficie donde se puede acceder para cubrir diversas necesidades humanas, siendo la más importante la producción de energía eléctrica con fuentes naturales de alta entalpía. Por otro lado, una de las formas más simples de hacer uso del recurso geotérmico es a través de la obtención del calor del suelo para calefacción, ventilación y aire acondicionado en casas y edificios. En este caso se trata de fuentes de baja entalpía que pueden ser usadas en forma directa o bien, mediante bombas de calor. La temperatura del suelo y / o del agua subterránea a 3-15 m debajo de la superficie generalmente varía de 10 a 25 ° y permanece relativamente constante durante todo el año de manera que es posible proporcionar calor / frío a una casa o edificio comercial de manera constante y mediante una tecnología simple de bajo costo.

El presente trabajo, se enfoca en la aplicación del recurso geotérmico de muy baja entalpía para climatización en una oficina de tipo convencional de una empresa de servicios de telefonía satelital, de la localidad de Olivos, Provincia de Buenos Aires, Argentina. La oficina alberga 5 empleados, ubicados en 3 oficinas climatizadas con un Split frio-calor en cada ambiente que consume una elevada energía eléctrica. Este trabajo analiza la eficiencia energética de un sistema de aprovechamiento directo del calor geotérmico, basado en tubos enterrados, denominados “Pozos Canadienses”, junto con un ventilador abastecido por energía solar y se lo comparará con el sistema convencional por *split* que se está utilizando en dicha oficina.

El sistema de “Pozos Canadienses” consiste en tubos enterrados que funcionan como intercambiadores de calor tierra-aire, y que se utilizan con el objetivo de enfriar o calentar una corriente de aire que circula a través de estos. El propósito de los tubos es enfriar el aire que ingresa en la oficina durante el verano y calentarlo durante el invierno. Funcionan así en un sistema cerrado en el espacio a climatizar y su principio se basa en utilizar el suelo como fuente calorífica. Dado que la temperatura del suelo es constante a lo largo del año en la zona de estudio y cercana a la temperatura de confort para los seres humanos (20°C), se interpreta que la climatización provista por este sistema ayudará a aminorar el uso de los sistemas tradicionales con el consiguiente ahorro de consumo energéticoen un orden del 40% en función del tipo de construcción de la oficina en estudio y del clima local. Además como el sistema es cerrado se pretende demostrar que no generará impacto en el medio ambiente.

REFERENCIAS

Dirección General de Estadística y Censos (Ministerio de Hacienda gcba). https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2015/04/ir_2014_663.pdf).

LARSEN S. y LESINO G., 2003. Monitoreo y simulación de un sistema de conductos enterrados para acondicionamiento de oficinas”. Revista de la Construcción, Vol. 2 (2): 21-30.

IANNELLI L. y GIL S, 2012. Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, (1), March 2012 (99- 105)

ESTUDIO GEOELÉCTRICO COMO BASE AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN REPOSITORIO DE LODOS Y RECORTES DE PERFORACIÓN DE LA INDUSTRIA PETROLERA

Augusto Morosini[1,2], Aldo Giaccardi[1] y David Aguilera[1]

[1]*Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis.*
[2]*CONICET*
afmorosini@gmail.com

Este trabajo sintetiza los resultados obtenidos de un estudio de exploración geoeléctrica realizado previo al emplazamiento de un repositorio de lodos y recortes de perforación sobre un sector del departamento de Añelo, provincia del Neuquén (Figura 1A). Los objetivos planteados para este estudio fueron: a) caracterizar las propiedades eléctricas del subsuelo en el sector de emplazamiento de la obra, y b) determinar las condiciones hidrogeológicas (existencia o no de condiciones acuíferas) hasta una profundidad de 100 metros, como una de las exigencias que debe cumplimentar la empresa petrolera ante las reglamentaciones ambientales vigentes.

La metodología de trabajo llevada a cabo para definir las condiciones hidrogeológicas del sector consistieron en la recopilación de información existente para el área de trabajo (de interés hidrogeológico), y su correlación con la información procesada luego de la ejecución de 5 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's).

Los SEV's fueron desarrollados con configuración electródica Wenner. Esta metodología permitió determinar a través de mediciones efectuadas desde la superficie, la distribución de la resistividad eléctrica del terreno en profundidad, la cual es función de la porosidad de las rocas, de los fluidos contenidos, y del tipo de sedimento involucrado. Los datos de resistividades aparentes fueron graficados en diagramas bilogarítmicos, dando como resultado las curvas de campo que luego fueron procesadas mediante el software Ipi2win, permitiendo, mediante un modelo de inversión, obtener un corte geoeléctrico en donde constan las resistividades verdaderas de las diferentes capas sedimentarias y su espesor. Los resultados obtenidos y su correlación con los terrenos presentes en el área permitieron obtener una clara interpretación de las condiciones hidrogeológicas del subsuelo.

El equipo utilizado para la medición de resistividades del terreno fue un resistivímetro digital de alta precisión, marca GEO-ELEC. El mismo está constituido por un módulo transmisor que envía corriente al terreno, un módulo receptor en el cual se miden diferencias de potencial eléctrico, electrodos de acero y cables de cobre de 2 mm de sección. El tendido del cableado para los electrodos de emisión fue de 150 m de ala, alcanzándose una profundidad de exploración teórica de 100 metros (AB/3 = 100 m).

A partir del tipo de curvas de resistividad aparente obtenida en cada SEV, se construyeron los perfiles de isorresistividad y pseoudosección. Ambos muestran que no existen variaciones laterales significativas entre los SEV's, sólo pequeños cambios de espesores en los niveles superficiales, que se podrían corresponder a variaciones granulométricas de los sedimentos o acuñamientos de la capa moderna. No se detecta ningún cambio significativo o de tipo anómalo que pudiera indicar la probabilidad de presencia de horizontes acuíferos. Por su parte, la Figura 1C muestra la integración e interpretación de los sondeos eléctricos llevados a cabo, junto a la información geología de superficie entorno al sitio estudiado, mientras que la Figura 1D muestra cómo se llevó a cabo el tratamiento de los datos para obtener los horizontes geoeléctricos.

Los resultados obtenidos en los sondeos eléctricos verticales realizados en el sitio pre-establecido para el emplazamiento del repositorio, indican que el mismo se considera "apto", debido a las siguientes razones:

a) la secuencia estratigráfica detectada a partir de los SEV's realizados en el sector asignado al Proyecto, indica que por debajo de la cobertura moderna, se encuentran rocas sedimentarias asignadas a la Fm Cerro Lisandro, de características hidrogeológicas impermeables en la mayoría de sus niveles, incluyendo los más superficiales.

b) se ha podido observar a través de las diferencias altimétricas y el sistema erosivo, que las unidades geológicas aflorantes (Figura 1B) por debajo de los puntos de exploración (más de 50 m de desnivel) no presentan signos de vertientes en los límites de la unidad geomorfológica donde se ubicará el repositorio. Esta observación permite inferir que las aguas subterráneas no están presentes en el sitio estudiado.

c) no existen cauces de aguas permanentes en las inmediaciones al área del proyecto.

d) los SEV's no detectan cambios resistivos que pudieran asociarse a la presencia de condiciones acuíferas al menos hasta 100 metros de profundidad. En cambio, si se demuestran cambios en la resistividad vertical como consecuencia de paso de una unidad litológica (con una muy buena correlación lateral) a otra, dentro de la secuencia.

e) los componentes limosos y arcillosos presentes en la matriz sedimentaria de las rocas del subsuelo observadas en los afloramientos próximos al área estudiada (Grupo Neuquén), permiten inferir que el proceso de adsorción-absorción sería elevado lo que implica que existe un alto poder atenuante en esos componentes en la zona no saturada, respecto a elementos contaminantes como hidrocarburos, bacterias y metales pesados, en el caso de que ocurriese un posible derrame de los lodos hacía el subsuelo.

f) las características de permeabilidad de las rocas aflorantes, su disposición subhorizontal y una profundidad mayor a los 50 m de cualquier nivel acuífero indican que el subsuelo del sector posee una muy baja posibilidad de transmitir cualquier evento de contaminación accidental por debajo de la superficie de escorrentía (topografía).

g) la infiltración de las aguas superficiales es muy escasa ya que los componentes litológicos del terreno son semipermeables a impermeables. Sólo la cobertura aluvial cuaternaria presenta alta permeabilidad, pero su espesor es relativamente reducido, lo cual implica la falta de roca almacén para constituir acuíferos explorables.

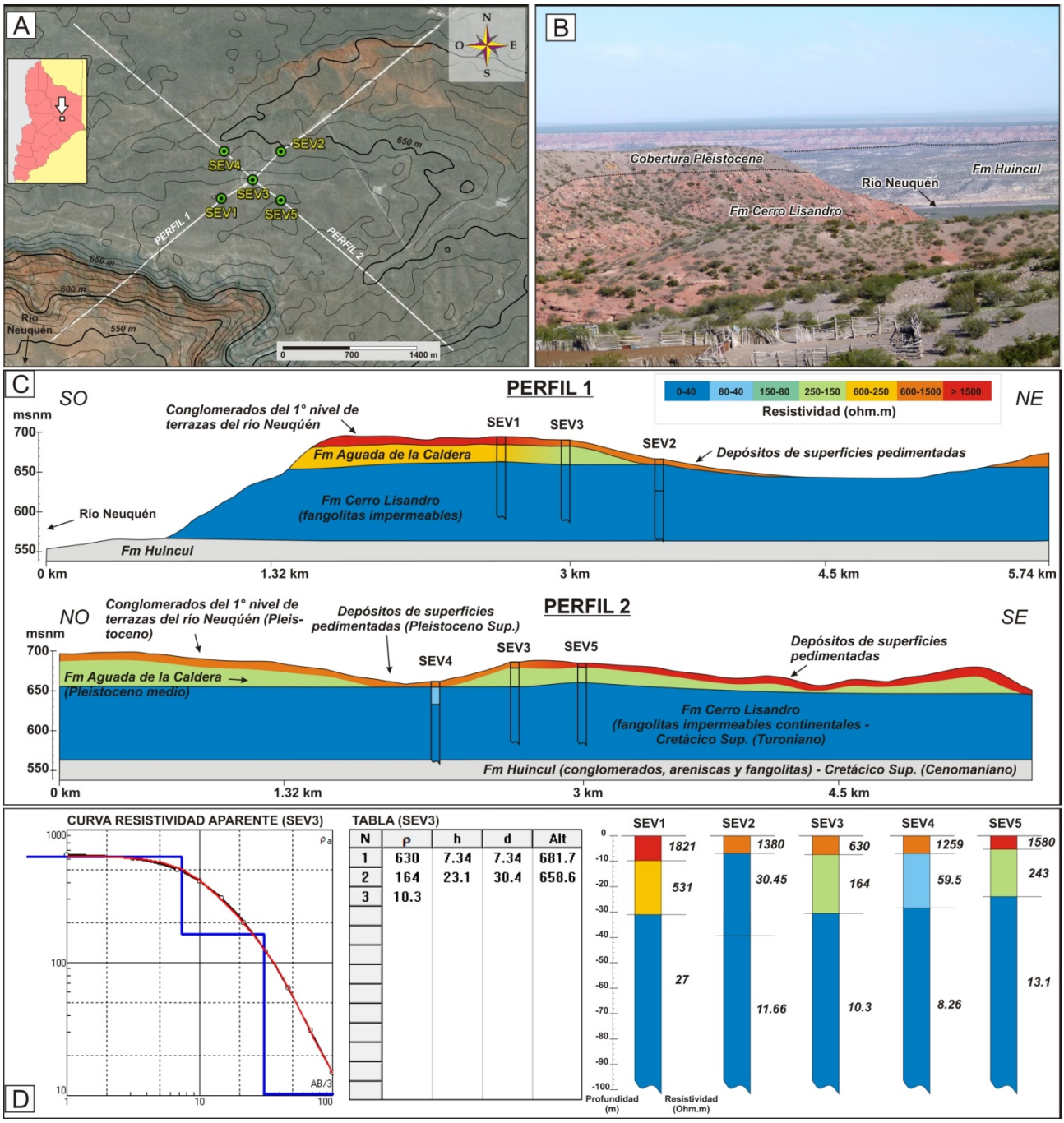


Figura 1: A) ubicación del sector estudiado, el SEV3 está ubicado en el predio donde se desarrollará la obra. B) afloramientos de Grupo Neuquén al sur del área. C) perfiles integrando la geología y los resultados obtenidos de la exploración geofísica. D) procedimiento para la obtención de los cortes geoeléctricos.

RELEVAMIENTO DE ARENAS NATURALES PARA SU USO COMO AGENTE DE SOSTÉN EN EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO

Fabio S.Luna*; Dania Pascua**; Alberto Garrido**; Cristian E. Cocchiarale* y Emiliano Liciotti*
**Instituto Nacional de Tecnología Industria*
***Dirección Provincial de Minería del Neuquén*
fluna@inti.gob.ar

En los últimos años, la producción no convencional de petróleo y gas en nuestro país ha adquirido una enorme importancia debido al auge de las técnicas de perforación conocidas como fracturación hidráulica (*fracking*).

Esta técnica consiste en aplicar presión hidráulica a una roca reservorio mediante la inyección de un fluido viscoso (agua, químicos y agente de sostén), hasta que se produce la falla o fractura de la misma. Cuando se genera la fractura es necesario que esta no se cierre una vez terminado el bombeo, de manera que se garantice la conductividad por el canal recién creado. La arena utilizada es lo que se llama "agente de sostén", "agente apuntalante" o *proppant*.

El hallazgo de este tipo de arenas está cobrando un interés preferente, especialmente en sitios cercanos a lugares donde existen grandes yacimientos de hidrocarburos no convencionales. Para la industria de los agregados pétreos, estas arenas, representan un nuevo mercado de gran interés dado su elevado precio, por la importación de dicho insumo, y condicionado por una demanda creciente y oferta limitada.

Los agentes de sostén tienen una importancia crítica en el éxito de un tratamiento de fractura y la efectividad del mismo determina la productividad del pozo tratado. La elección inadecuada del agente de sostén puede conducir al fracaso de la operación, en pérdidas económicas importantes o en muchos casos, si los resultados no son satisfactorios, conducen a una pérdida de producción que puede llegar a ser importante. Es por esto, que, para seleccionar adecuadamente un agente de sostén, se deben conocer sus propiedades físicas, mineralógicas y químicas.

Durante las tareas de campo, en el relevamiento realizado, se recolectaron muestras de arena distribuidas en 17 localidades de la provincia del Neuquén. Dichas localidades se seleccionaron en base a sus características geológicas, litológicas, geomorfológicas, de accesibilidad, de distancia, entre otras; específicamente se buscaron sitios dónde afloran depósitos fluviales y eólicos.

Actualmente en Argentina, se están utilizando arenas importadas y nacionales como agente de sostén. En el primer caso, son excesivamente caras, y en el segundo, se ubican en zonas muy distantes a las cuencas hidrocarburíferas. Por este motivo y ante la falta de relevamientos públicos de este tipo de arenas, se decidió realizar el primer relevamiento con ensayos a escala provincial. Este trabajo fue ejecutado en conjunto entre la Dirección Provincial de Minería del Neuquén y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) sobre potenciales depósitos de arenas naturales en Neuquén con el objeto de abastecer a la industria petrolera no convencional.

Para el muestreo se buscó preferentemente arenas con tendencia a la madurez, con altos porcentajes de cuarzo y con poco contenido de sustancias perjudiciales tales como feldespatos, arcillas, materia orgánica, sales, etc.

Por otro lado, las arenas debían tener una marcada redondez, esfericidad y bajo porcentaje de finos. Todas estas características mencionadas aseguran, en la operación de fracturación hidráulica, que las arenas tengan buena resistencia química frente a los ácidos contenidos en los fluidos de perforación, buena movilidad en la inyección y excelente resistencia mecánica a la compresión debida a las altas presiones que deberá soportar en el reservorio.

La arena silícea es el agente más económico y de mayor distribución territorial, está formada por cuarzo y su densidad ronda los 2,65 g/cm^3. Es esencial debido a que: a) ayuda a mantener abierta la fractura y provee suficiente conductividad de fractura para presiones de cierre menores a 8.000 psi (según sea la malla designada para la fractura hidráulica); b) hace que la fractura actúe como un canal de alta permeabilidad dentro de la formación y c) poseen suficiente resistencia a la compresión, entre otras particularidades.

Con el objetivo de analizar la utilización de las arenas neuquinas muestreadas en operaciones de fracturación hidráulica, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), bajo lineamientos de la norma ANSI/API 19 C / ISO 13503-2 (2006); esta norma de referencia abarca ensayos de tamizado, densidad, solubilidad, turbidez, redondez y esfericidad y resistencia a la compresión en la evaluación de los agentes de sostén.

Además de los estudios que plantea la norma mencionada, se practicaron estudios complementarios, considerados importantes a la hora de caracterizar estas arenas, ellos fueron el análisis mineralógico (contenido de cuarzo y otros minerales) y el material fino que pasa por el tamiz de 75 µm.

LA TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA 2D Y 3D COMO UNA HERRAMIENTA DE DETECCIÓN, UN EJEMPLO PRÁCTICO, SAN LUIS.

Andrés López Hidalgo [(1)], Daniel H. Gómez [(2)], Carlos Gardini [(2)],
Sebastián Correa Otto [(1)], Rodolfo Christiansen [(1)]

(1) Instituto Geofísico Sismológico F. Volponi FVEFN – UNSJ – ALH Geofísica
alopezh@alhgeofisica.com.ar; s.orreaotto@gmail.com; rodo_christiansen@hotmail.com

(2) Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San
dgomez@unsl.edu.ar, cgardini@unsl.edu.ar

La presente publicación se refiere a los resultados obtenidos del Estudio del Subsuelo Aplicando la Técnica Geofísica de Tomografía Eléctrica Resistiva en 2D y 3D, realizado en los alrededores de la Plaza Independencia de la capital de la provincia de San Luis

El área de estudio se encuentra en la capital de la provincia de San Luis, sobre las calles aledañas a la Plaza Independencia (Calles: San Martin, 9 de Julio, Rivadavia y 25 de Mayo).

El objetivo del estudio fue corroborar en los alrededores de la Plaza Independencia las anomalías gravimétricas negativas identificadas por el método Gravimétrico, cuyos resultados se presentaron en un informe previo entregado por la UNSJ.

Por ello se propuso la ejecución de la Técnica Geofísica de Tomografía Eléctrica Resistiva en 2D y 3D como la más óptima para esta investigación.

Por experiencias anteriores se adoptó a la Tomografía Eléctrica Resistiva en 2D y 3D como la técnica más eficaz para la detección y caracterización tanto de los restos de los túneles como del trazado de un canal que atravesaba la plaza y que estaría relleno de escombros. Se utilizaron los dispositivos Dipolo-Dipolo, Wenner Alpha y Wenner-Schlumberger.

De acuerdo a la información Litológica proporcionada, los dos sectores dónde se realizaron las mediciones se componen de materiales de depósito fluvial, en su mayoría con granulometrías finas (limos y arcillas), propios de un relleno de un ambiente fluvial como el del lugar. Sobre estos materiales se ubicarían las construcciones de los Túneles y /o Criptas bajo estudio. Así el perfil Litológico de la zona estaría compuesto de:

De 0 a 2m se encuentran arenas con poca cantidad de gravas, acompañadas de contenido de limos (e/5 y 9%)

De 2 a 12m se encuentran arenas con gravas, con escaso contenido de limos (<5%), con alternancia de mantos de clastos y bloques (GW/GP) por escorrentías por crecidas de origen fluvial

En cada Perfil de TER-2D se han realizado tres mediciones independientes por el cambio de Dispositivo, cada una de estos con las ventajas y desventajas propias frente a los demás, pero lo que se persigue con esto es poder llegar al mismo modelo Geoeléctrico o al menos que la tendencia hacia un modelo determinado se vea reflejado en todos los casos, por ello cada perfil conlleva tres imágenes muy similares.

Para cada Perfil de TER-2D se observan dos figuras superiores que corresponden a un montaje de la silueta figurada de los edificios, plaza, etc. de la ciudad, con la imagen de TER debajo de ella, la segunda figura se dejó solo a la silueta figurada donde se observa solo las estructuras posibles bajo los perfiles medidos de TER-2D (Figura 1)

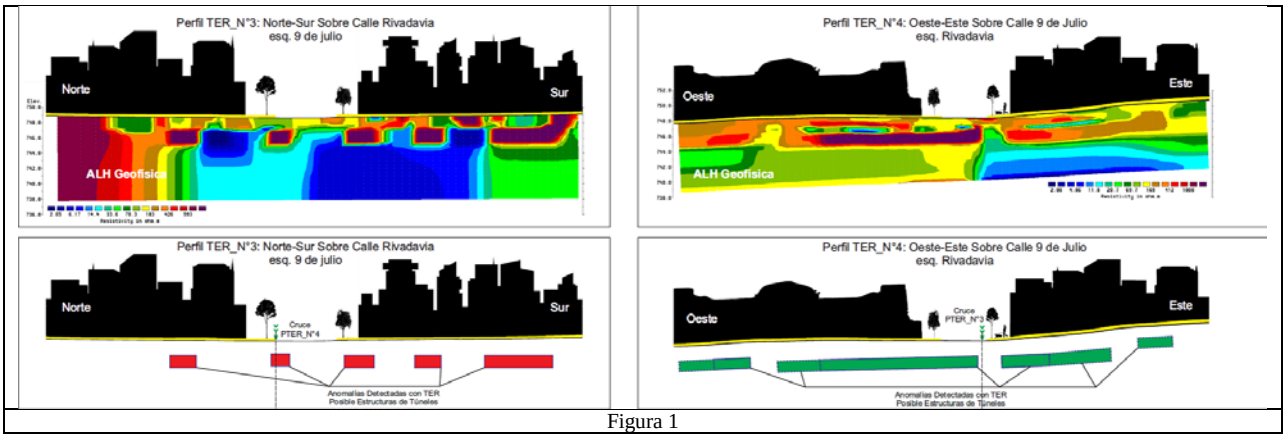


Figura 1

Estas estructuras se ven reflejadas en las Imágenes de TER de las tres figuras inferiores las que corresponden a cada medición según sea el Dispositivo empleado, en orden descendente se tiene las Imágenes de Dipolo-Dipolo, Wenner-Schlumberger y Wenner Alpha. De esta manera se procedió para los cinco perfiles registrados (Figura 2).

Teniéndose presente los resultados de la gravimetría, estudios que han dado un resultado altamente positivo en referencia a la existencia de cavidades (vacíos), que por su defecto de masa han acusado anomalías gravimétricas negativas perfectamente delimitadas en las mismas regiones donde se aplicó la TER, y correlacionando ambos resultados en los mismos sectores, podemos afirmar que dichas estructuras subterráneas existen.

Otro recurso Geofísico aplicado fue el de cruzar Perfiles de TER-2D en la esquina de calles 9 de julio y Rivadavia. De cuya representación y observación en las Figura 1, donde se ha indicado el cruce respectivo, y analizando por ejemplo el "Cruce PTER_N°3 sobre Perfil TER_N°4" (Figura 3) se ve claramente que la anomalía resistiva alargada a la izquierda del Cruce PTER_N°3 sobre PTER_N°4, entre las progresivas de14m hasta los 40m y a dos metros de profundidad se observa un efecto "lateral o corte longitudinal" de una estructura resistiva, esta misma estructura queda representado también en la imagen del "Cruce PTER_N°4 sobre Perfil TER_N°3" como una anomalía resistiva cerrada o "corte transversal de esta estructura" la que se encuentra a la misma profundidad y cuyas dimensiones son propias de las estructuras buscadas estimadas en unos 2,5m.

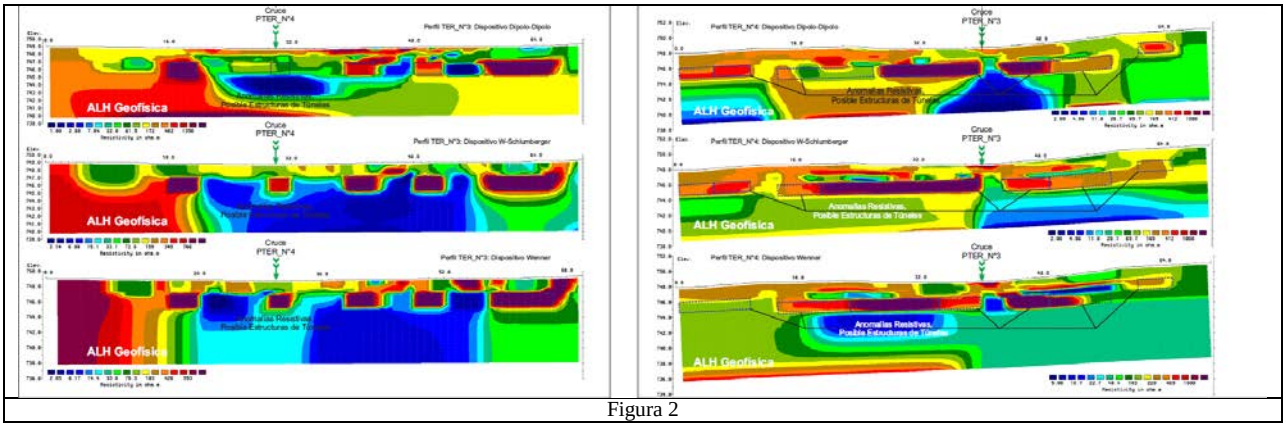


Figura 2

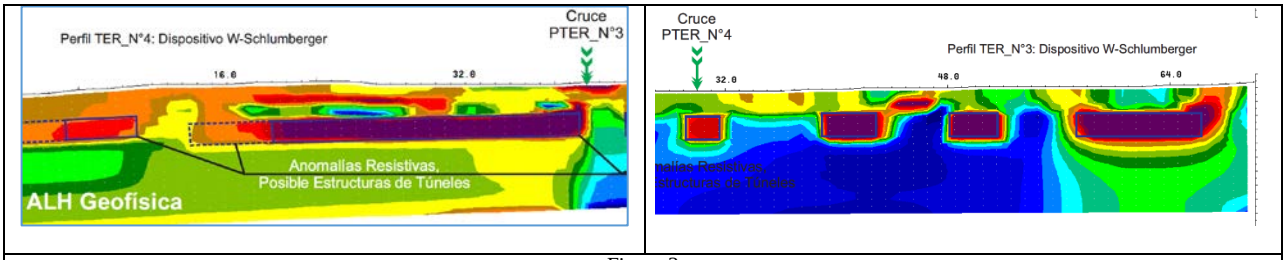


Figura 3

Dentro de la Investigación 2D y teniéndose presente los resultados de la gravimetría, estudios que han dado un resultado altamente positivo en referencia a la existencia de cavidades (vacíos), que por su defecto de masa han acusado anomalías gravimétricas negativas perfectamente delimitadas en las mismas regiones donde se aplicó la TER.

Las anomalías resistivas detectadas en los Perfiles de TER-2D de acuerdo a la información de campo obtenida, la interpretación de las Imágenes de resistividad logradas en esta investigación estarían denotando un modelo matemático que tienen formas muy bien definidas, tabulares y alargadas, desde los 2m hasta aproximadamente los 4 a 5 metros de profundidad y las mismas se interpretan como estructuras remanentes de la vieja edificación cuyo cruce con otro perfil de TER-2D arroja la forma de rectángulo acotado, lo que correspondería al corte transversal de una estructura.

Se han observado discontinuidades entre las zonas resistivas las que podrían estar rellenas de escombros o acumulaciones de materiales de derrumbe.

Bibliografía

LOKE,M,H.AND BARKER R. D., 1996a. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44, 131":152.

LOKE,M,H.AND BARKER R. D., 1996b. Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. Geophysical Prospecting, 44, 499-523.

ESTUDIO MICRO-GRAVIMÉTRICO APLICADO A LA DETECCIÓN DE TÚNELES JESUÍTICOS EN LA PLAZA INDEPENDENCIA. PROVINCIA DE SAN LUIS

Federico Lince Klinger[1]; Mario E. Giménez[1], Héctor D. Gómez[2] y Carlos Gardini[2]

1. *Instituto Geofísico Sismológico Volponi (IGSV)- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN). Universidad Nacional de San Juan (UNSJ).*
2. *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN). Universidad Nacional de San Luis (UNSL). Ejército de los Andes 950, 5700 San Luis.*

flinceklinger@gmail.com

Se realizó un estudio de micro-gravimetría en la plaza Independencia de la ciudad capital de San Luis (Figura 1a), con el propósito de investigar sobre la hipotética existencia de túneles subterráneos que datarían de la época fundacional de la mencionada ciudad. Para lograrlo fue necesario modelar en forma directa la longitud de onda y amplitud de la anomalía gravimétrica producida por un hipotético túnel. Esta etapa consistió en diseñar una fuente anómala (túnel) y someterla al campo potencial para conocer su efecto anómalo (Figura 1b). De esta forma se contextualizó el problema y se diseño la grilla de mediciones donde se realizaron posteriormente las lecturas de gravedad y altimetría. La distancia planificada entre puntos de medición fue de 5 metros que se extendió a lo largo de cada perfil. Los perfiles resultaron de una extensión aproximada de 130 metros cruzando la plaza Independencia en dirección meridional desde las calles San Martín hasta Rivadavia (Figura 1c). Se midieron 12 perfiles con una distancia de separación de unos 10 metros entre cada perfil. Esta distribución permitió cubrir el área comprendida por las calles 9 de Julio al norte, 25 de mayo al sur, Rivadavia al este y San Martin al oeste. La cantidad de puntos gravimétricos y altimétricos totalizaron 320 puntos. Algunos de estos puntos fueron remedidos para tener control de la deriva instrumental. El dato gravimétrico fue relevado utilizado dos gravímetros marca Sintrex modelo C-G3 y C-G5, con una precisión de 0,005 mGal. Previo a la toma de datos se determinó la curva de deriva instrumental de cada gravímetro para luego utilizarla en la correspondiente corrección. Además fue localizado un punto fijo del Instituto Geográfico Nacional IGN dentro de la plaza Independencia el mismo se identificó como PF 124 con un valor de gravedad de (979403,78 mGal) en el sistema de 1930 por lo que fue corregido por (-14.97 mGal) llevándolo a el sistema de 1967. Luego se determinaron las coordenadas (x,y,z) en cada punto gravimétrico, para ello se utilizaron 2 GPS Trimble 5700 doble frecuencia. Para determinar las coordenadas con precisión centimetrica se trabajó con metodología Stop & Go, procesando DGPS en modo post-proceso. Los datos gravimétricos corregidos por marea y deriva instrumental fueron vinculados al valor absoluto de la estación Miguelete localizada en la provincia de Buenos Aires mediante el punto fijo (PF 124).

Las anomalías de gravedad fueron calculadas en base a las expresiones clásicas (Blakely, 1995). Consistentemente, para la gravedad teórica o normal, se utilizó la expresión para el elipsoide de 1971.Una vez calculada la anomalía de Bouguer (anomalías gravimétricas) fueron grilladas con el método de Mínima Curvatura (Brigs, 1974) para obtener una grilla gravimétrica (figura 1c).Como el objeto de estudiar la existencia de hipotéticos túneles superficiales y de una longitud de onda ultracorta fue necesario filtrar la anomalía de Bouguer para quedarnos con la anomalía residual de Bouguer que mejor represente nuestro objetivo de estudio. En este caso se aplicó el método de prolongación ascendente a la grilla de anomalías de Bouguer (Figura 1 c) para distintas alturas (50 m, 10 m, 5 m y 2,5 m) filtrando las cortas y ultracortas longitudes de onda obteniendo el efecto regional anómalo. Luego las anomalías residuales (Figura 1d) se obtuvieron por diferencia entre la anomalía de Bouguer y los efectos regionales determinadas con este método. La información de subsuelo arrojada por los mapas de anomalías residuales muestran al menos cinco anomalías (a, b, c, d y e). Estos mínimos gravimétricos que están asociados a sectores del subsuelo bajo la plaza Independencia, están vinculados a déficit de masa. Particularmente los mínimos identificados con la letra a y b se encuentran alineados en dirección este –oeste. Los mismos tienen una anomalía observada con la misma amplitud y longitud de onda de la anomalía calculada a partir de un modelo teórico de un túnel de 2 metros de ancho por 2 metros de alto. El mínimo gravimétrico (d) es de menor amplitud que las anomalías a y b lo que podría representa una fuente anómala de menor contraste de densidad (por ejemplo canal relleno con material de menor densidad a la roca de caja. Los dos mínimos restantes e y c se encuentran en el borde del área prospectada por lo que existe cierta incertidumbre sobre el origen de la fuente anómala generadora.

Los resultados indican que el subsuelo bajo la plaza Independencia presenta anomalías gravimétricas que podrían estar vinculados a zonas con déficit de masas vinculadas con posibles cavidades o canales rellenos con materiales de menor densidad con un contraste negativo de densidad.

REFERENCIAS

BLAKELY R.J., 1995. “Potential theory in gravity and magnetic applications”. Cambridge University Press, pp. 441.
BRIGGS I. C. 1974. Machine contouring using minimum curvature. *Geophysics*, vol.39, no.1, pp. 39–48.

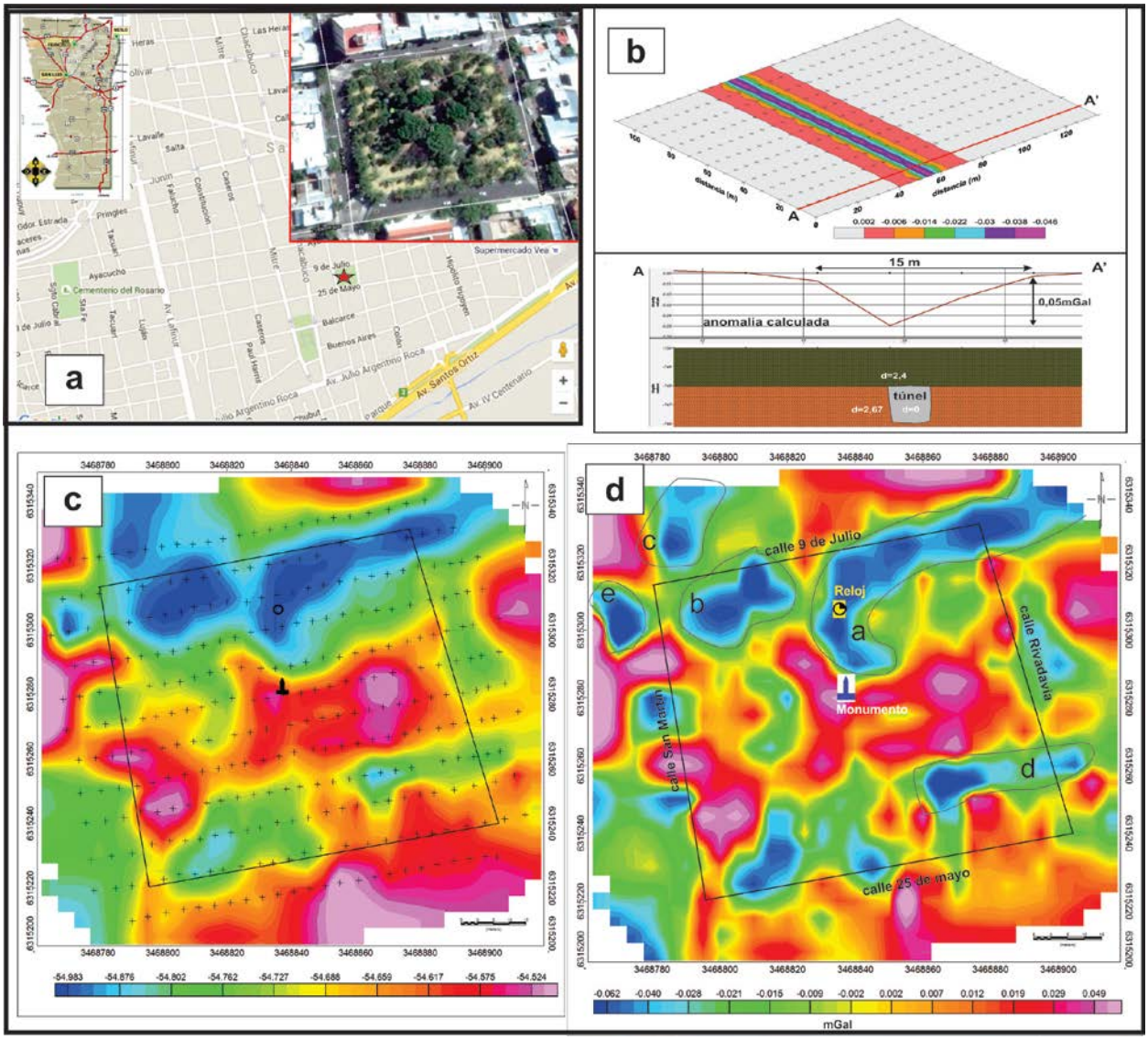


Figura 1: a) Ubicación Plaza Independencia. b) Modelo sintético, arriba modelo 3D simulando la anomalía producida por un túnel de 2 metros de ancho por 2 metros de alto, abajo modelo 2D o sección del modelo 3D. La curva roja indica la anomalía gravimétrica que produciría un túnel teórico de 4 metros de sección y contraste de densidad negativo.c) Mapa de anomalía de Bouguer con cruces de color negro se ubican las estaciones gravimétricas y topográficas. d) Mapa de anomalía gravimétrica residual de Bouguer, donde los colores fríos indican déficit de masa. Estas anomalías son identificadas con letras a…d, e; con polígono de color negro los límites de la Plaza Independencia. También se han señalizado rasgos importantes como un monumento central y el reloj. Este último está localizado sobre una caverna o depósito de herramientas que sirvió como medición paramétrica.

ESTIMACIÓN POR GPR DE FALLAS EN LA COMPACTACIÓN BAJO UN EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Armando Luis Imhof; Iván Rafael Deiana López; Ezequiel Martín Nivas Fernández; Federico Sebastián Galoviche y Ariel Nicolás Quiroga Sarmiento
Departamento de Geofísica y Astronomía- FCEFN-UNSJ
aimhof@unsj.edu.ar; *ivandeianalopez@gmail.com;martinivasfernandez@gmail.com;galo20786@gmail.com; arielquiroga2@gmail.com*

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ZONA DE TRABAJO

Este trabajo se llevó a cabo por solicitud de la Secretaría de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, afín de determinar las causas que produjeron la subsidencia de un sector de la vereda perimetral frente al ingreso principal al edificio del Departamento de Electrónica y Automática y determinar si el mismo podría estar relacionado con falta de compactación y sobre todo si pudiera extenderse por debajo de los cimientos del edificio mencionado; y a partir de allí elaborar estrategias para dar solución a posibles problemas de cimentación.

La ubicación geográfica del sector relevado es 31°31'57.82" S 68°32'37.34" W. en el sector Oeste de la ciudad capital de la provincia de San Juan (Figuras 1-2), más precisamente en calle San Luis casi esquina Urquiza, frente al Estadio Cerrado Aldo Cantoni.

Figura 1: Vista aérea sector de relevamiento geofísico.

Figura 2: Zona de trabajo (desde calle San Luis)

GEOLOGÍA DEL LUGAR

El subsuelo en toda esta zona perteneciente al Valle de Tulum, está constituido por alternancias de aluvión de grano grueso a medio; arenas bien graduadas, limos y escasa presencia de arcillas (Roca, 1969).

SINOPSIS TEÓRICA

En el método de GPR (*Ground Penetrating Radar*) se emiten (Transmisor, Tx) pulsos electromagnéticos desde la superficie del suelo, los que se propagan dentro del mismo y se reflejan en las discontinuidades que encuentran a su paso. La energía de los pulsos reflejados se mide sobre la superficie mediante un dispositivo Receptor (Rx). Por un lado el tiempo que tarda el pulso desde que es emitido hasta que es registrado en la superficie da una medida de la profundidad y posición de un reflector detectado (conocidas las ubicaciones de Tx y Rx, así como la velocidad de propagación de los pulsos en el tipo de suelo particular). Por el otro, la comparación de las amplitudes de los pulsos emitido y recibido, brinda información adicional acerca del contenido de vacíos del subsuelo.

Una disposición típica para una prospección con radar consiste en un par de antenas: una Tx y otra Rx, ubicadas ambas sobre la superficie del suelo.

Tx y Rx son desplazados conjuntamente sobre toda el área de interés, obteniéndose para cada posición de los mismos el tiempo que tarda el pulso en recorrer los trayectos de ida y vuelta hasta cada reflector. De esta manera se estiman las profundidades de los reflectores para cada posición sobre la superficie.

METODOLOGÍA

Se utilizó un GPR marca COBRA de frecuencia central 500MHz lo que permitió escanear profundidades de hasta 10m. Dentro de este rango se decidió aumentar la resolución de los datos lo que produjo una disminución de la profundidad de investigación, que se fijó en 4 metros aproximadamente.

Como soporte de adquisición se utilizó una PC Netbook marca ASUS y el software de adquisición y procesamiento PRISM 2.6, además de una tablet PDA marca MESA.

Se efectuaron 8 perfiles de GPR en el sector Norte de la Facultad de Ingeniería, inmediatamente al Este del sector de Guardería de Bicicletas (Figura 1 y 2) y dentro del edificio del Departamento de Electrónica y Automática, afín de determinar déficits en la compactación del subsuelo debajo del mismo, a partir del análisis de la variaciones

de amplitud de las ondas electromagnéticas recibidas, partiendo de la premisa de que las mismas se atenúan menos en el aire que en otros medios (Kirsch, 2009, Milsom, 2003).

Las figura 3 presenta una vista diagramática del edificio en estudio y además la ubicación de los perfiles, de dirección Norte-Sur.

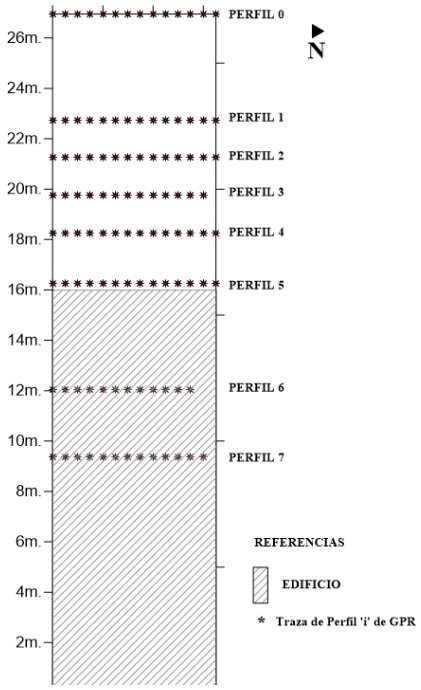


Figura 3. Esquema de distribución de perfiles GPR

Se exportaron a código ASCII la totalidad de los datos de todos los radargramas originales de campo (*raw data*), afín de poder extraer posteriormente la información por traza de todos ellos.

Cada perfil estuvo constituido por aproximadamente 130 trazas, con 1024 muestras por traza. Se seleccionaron por perfil (radargrama) trazas cada 0,5m. A su vez cada traza posee una definida relación entre el número de muestras y su profundidad asociada, la cual fue calculada por la expresión:

$$Incremento\ en\ prof\ = \Delta z = \frac{profundidad\ de\ investigacion\ maxima}{nro\ de\ muestras}$$

Calculado el incremento por muestra; la profundidad se determinó por la siguiente expresión:

$$profundidad_j = z = muestra_{i-esima}.\Delta z$$

Luego para cada par de coordenadas y perfil correspondiente se trasladaron (como filas) cada uno de los 1024 muestras para cada una de las trazas. Este archivo entonces, contiene información de amplitudes de trazas para profundidades crecientes, adjuntando el resultado para prof=2 metros, y posiciones diferentes *X; Y.* Las amplitudes fueron las entradas al software de elaboración de curvas de nivel (Figura 4) para dicha profundidad.

PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN

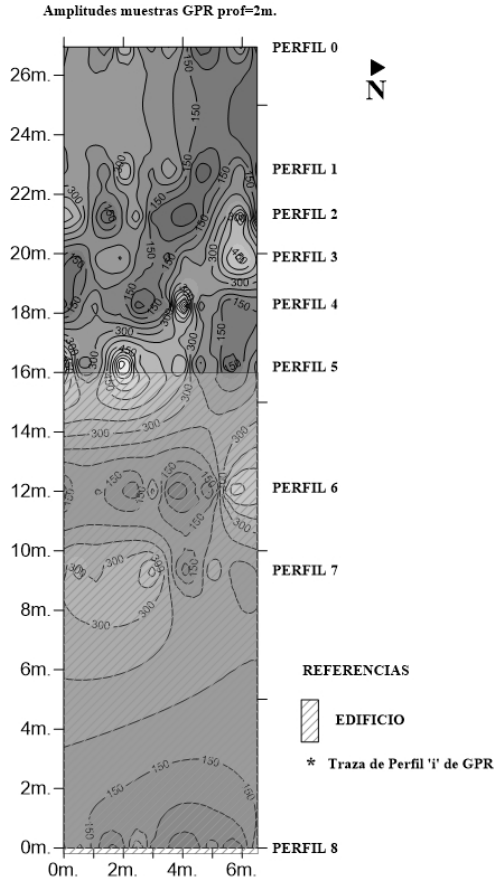


Figura 4. Mapa de amplitudes trazas.
Trazas GPR prof=2 m

Se inspeccionaron todos los radargramas con el software PRISM 2.6. Se identificaron capas en profundidad y sectores anómalos. Posteriormente según se dijo, se exportaron los datos ASCII y se conformó la planilla electrónica de cálculo. Se elaboraron los mapas de curvas de nivel de amplitudes (absolutas) de traza procediéndose a la interpretación cualitativa (Figura 4). Con esta información se reprocesaron los 9 radargramas y se delimitaron con precisión los sectores anómalos. En la Figura 4 se representan los valores de amplitud de los radargramas para profundidades de 2m, observando amplitudes (zonas claras) mayores que el resto (alrededor de 300 a 450 unidades), correspondiéndose con los sectores hundidos en el exterior del edificio, e infiriendo que por ende esta falta de compactación asociada se extiende por debajo del mismo.

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Se concluye que la causa de subsidencia es la menor compactación en el sector indicado sumado a esta posible oquedad o zona de vacíos alineada perceptible en los perfiles 0 a 5 (apreciada físicamente en el exterior del edificio).

Se sugiere investigar la posibilidad futura de asentamiento de la fundación oeste del edificio, ya que los materiales con falta de compactación podrían descender de nivel por reacomodamiento de partículas ante un eventual sismo, provocando una ruptura de ese sector del cimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ROCCA, J.A. (1969) Geología de los Valles de Tulum y Ullum-Zonda

MILSOM, J (2003) Field Geophysics. Ed. Wiley. England. 3rd Ed. ISBN 0-470-84347-0

KIRSCH, R. (2009) Groundwater Geophysics A Tool for Hydrogeology. Springer Verlag. 2nd Ed. e-ISBN 978-3-540-88405

Figura 4. Mapa de amplitudes trazas GPR prof =2m

NATURAL GEOLOGIC CO2 SEQUESTRATION BY MINERAL CARBONATION

Mónica P. Escayola [(1)*], Manuel Menzel [(2)] y Carlos Garrido [(2)]

(1) CONICET-ICPA, Instituto de Ciencias Polares y Ambientales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Fueguia Basket 255, (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.
(2) IACT, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Avenida de las Palmeras 4, 18100 Armilla (Granada), Spain.

mescayola@untdf.edu.ar

Magnesite-quartz rocks that form as a result of a sequence of reactions of CO2-rich hydrothermal fluids with serpentinite, representing natural analogues for carbon sequestration by mineral carbonation are known as Listvenites. The association of listvenite (magnesite-quartz), antigorite- and quartz-bearing talc-magnesite rocks, and carbonated antigorite-serpentinite in the mantle section of the Advocate ophiolite complex (Newfoundland, Canada) is an ideal natural example to study carbonation of serpentinites because all reaction progress steps are recorded by the differently carbonated assemblages. The variably carbonate-bearing lithologies crop out in a 40 – 80 m thick and 1 km long zone oriented parallel to the Baie Verte line, a major regional thrust fault, surrounded by antigorite-serpentinite and lizardite serpentinite. High Cr and Ni contents and preserved Cr-spinel with compositions similar to those in Atg-serpentinite (Mg/Mg+Fe = 0.50 – 0.65; Cr/Cr+Al = 0.50 – 0.70) demonstrate that the listvenites formed from a variably serpentinized harzburgite protolith. Brucite-carbonate-magnetite veins and correlated breakdown of lizardite to antigorite in serpentinite, and the absence of metamorphic olivine and magnetite in antigorite serpentinite and talc-magnesite rocks bracket the temperature of incipient carbonation to T > 280 °C and < 400 – 450 °C. The bulk rock Fe3+/Fetotal strongly decreases with progressive carbonation, from 0.65 – 0.80 in brucite-bearing antigorite serpentinites to 0.10 – 0.30 in talc-magnesite rocks and listvenites. This is reflected by increasing Fe-contents in magnesite, talc and antigorite and the formation of hematite and goethite, indicating a concomitant increase of the fluid oxygen fugacity. Magnesite in listvenites preserves Fe-poor, Mn-rich cores with magnetite inclusions — which record lizardite, brucite and olivine carbonation in precursor Atg-serpentinite — and zoned rims constituted by a Fe-rich inner area —in equilibrium with relatively Fe-poor talc formed by antigorite carbonation — and a Fe-poor outer rim generated during talc carbonation. Predictions of thermodynamic models of serpentinite carbonation by CO2-rich fluids are consistent with the observed sequence of differently carbonated assemblages and the magnesite growth zonation. Magnesite has similar stable oxygen isotope compositions in all carbonated assemblages (δ18O = 11.0 – 14.4 ‰ V-SMOW) and relatively low 13C (δ13C = –8.9 to –5.0 ‰ V-PDB). For a temperature of carbonation of c. 300 °C, the carbonate stable isotope compositions suggest that CO2-rich fluids likely derived from decarbonation or dissolution of organic carbon- and carbonate- bearing meta-sediments, possibly of structurally underlying crustal units of higher metamorphic grade. The field occurrence, shape preferential orientations of talc, chlorite and magnesite and the dominant orientation of quartz-magnesite veins in listvenites are consistent with a compressional deformation regime and can be co-related with the Baie Verte line. Therefore, we propose that the extensive carbonation of the variably serpentinized harzburgite protolith in the Advocate complex occurred during active thrusting and ophiolite obduction, a setting favourable for continuous carbon influx and prevailing high permeability. Similar geodynamic and thermal conditions are present in the leading edge of the mantle wedge in cold subduction zones, suggesting that reactive percolation of CO2-rich fluids and carbonation of oceanic or continental mantle lithosphere above the subducting plate may be commonplace and represent a significant carbon reservoir in the deep carbon cycle.

VELOCIDAD EN LA VISUALIZACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DE LA GEOINFORMACIÓN CON UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG), EN ACTIVIDADES MINERAS.

Leonardo S. Cuello y Héctor D. Gómez

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL) . Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
m.c.leo@hotmail.com; hdg2010@gmail.com

Hoy en día los Sistemas de información geográficos, son una herramienta poderosa y útil como medios para la representación de información, el análisis geográfico y la superposición dinámica de distintas capas de información en tiempo real, esto conlleva a una mayor eficacia en las tareas mineras donde la variable tiempo es muy importante en una campaña de perforación.

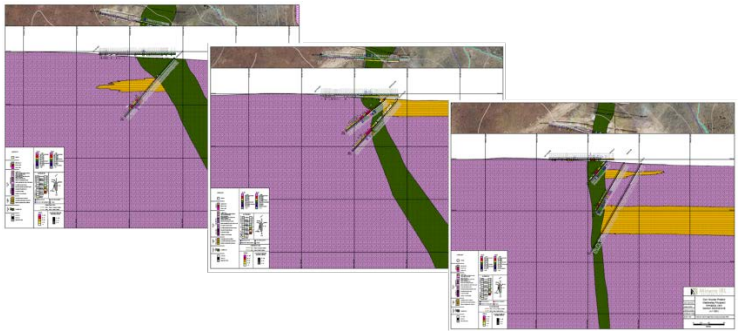
La elaboración de mapas temáticos (topográficos, geológicos, etc.) y planos de una mina se hacen de una manera más rápida y personalizada. También es posible realizar un escenario en 3D del área de interés para visualizarla y comprenderla en su conjunto y, una gestión más eficaz, un análisis más exacto y una visualización más precisa dan lugar a una toma de decisiones más acertada y aumenta la rentabilidad de la explotación.

En esta contribución mostraremos la bondad de trabajar con MApinfo y Discover 3D.

En base al conjunto de información plasmado en la/s sección/es y a los conocimientos del geólogo a cargo, puede tomar una rápida y correcta acción, ya sea de continuar con el próximo pozo o tren de pozos (sección) o cancelar alguna de estas acciones.

Finalizada satisfactoriamente la campaña de perforación se realiza el modelo 2D como en 3D. Para el primer caso se toman las secciones con la información completa desplegada sobre el pozo y se generan superficies con un tipo de atributo común, hasta completar el área objetivo y con todas las secciones.

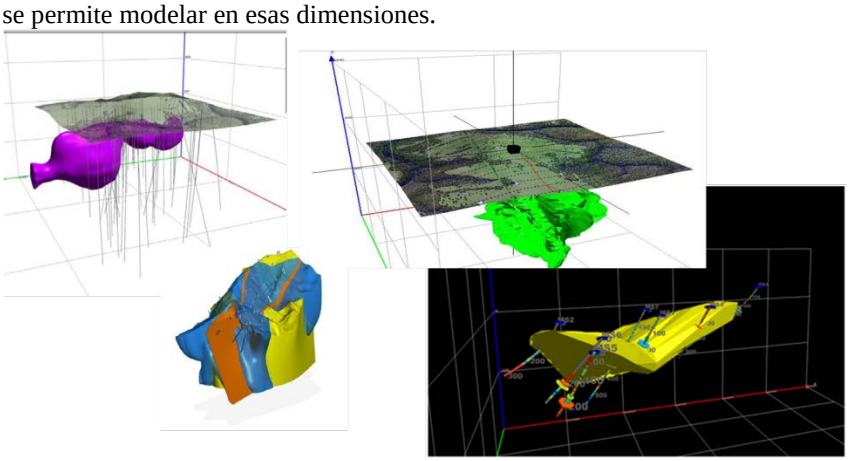
Este proceso se puede hacer utilizando el método de digitalización en pantalla o dibujar en papel, luego escanear y digitalizar dicha sección o utilizar tableta digitalizadora.



Para el modelado en 2d, primero se deben tener todas las secciones modeladas en 2D y digitalizadas para colgar las mismas de una capa MDT y crear bloques uniendo características similares.

Una vez creado los bloques temáticos se pueden hacer cálculos, estadísticas y otras funciones aplicadas propiamente a volúmenes. Además de obtener una visión global y detallada de alguna zona de interés del proyecto.

Este paso está lejos de ser plasmado en imágenes ya que no se cuenta con la versión de Discover 3D por lo que no se permite modelar en esas dimensiones.



Lo detallado deja en claro que la influencia de los SIG en la Exploración minera es de mucha importancia, la implementación y la correcta administración de la geoinformación para evitar mal gastos achicando la brecha en la variable tiempo a un factor casi tiempo real entre trabajo y plasmado de resultados.

Conclusiones

La visualización de los resultados ya sea en un plano 2D o una escena 3D es una herramienta valiosa con la que cuentan los SIG para tener un panorama más general de la zona de estudio, más allá de los resultados obtenidos con estos SIG, y/o el análisis aplicado, ya que con la vista panorámica de la zona de estudio se pueden hacer modificaciones del curso de la campaña en tiempo real, y una vez obtenido el total de la información se pueden realizar cálculos económicos que conllevarían a la continuidad del proyecto hacia otras etapas o el estancamiento del mismo.

Referencias

Juan Carlos Gomez, Lucía Magnin “Cartografía geomorfológica aplicada a un sector de interés arqueológico en el Macizo del Deseado, Santa Cruz (Patagonia Argentina)” Núm. 65, 2008, pp. 22-37.

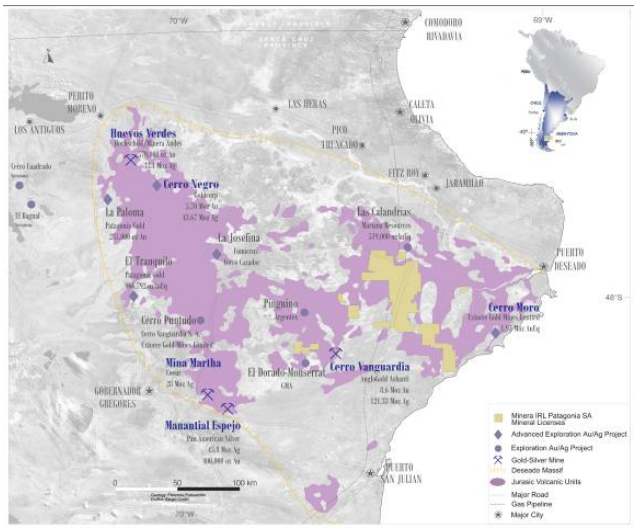
www.earthexplorer.com “Tendencias tecnológicas y soluciones para la exploración minera.

MANEJO DE LA GEOINFORMACIÓN CON UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG), UN EJEMPLO, MACIZO DEL DESEADO, SANTA CRUZ.

Leonardo S. Cuello y Héctor D. Gómez

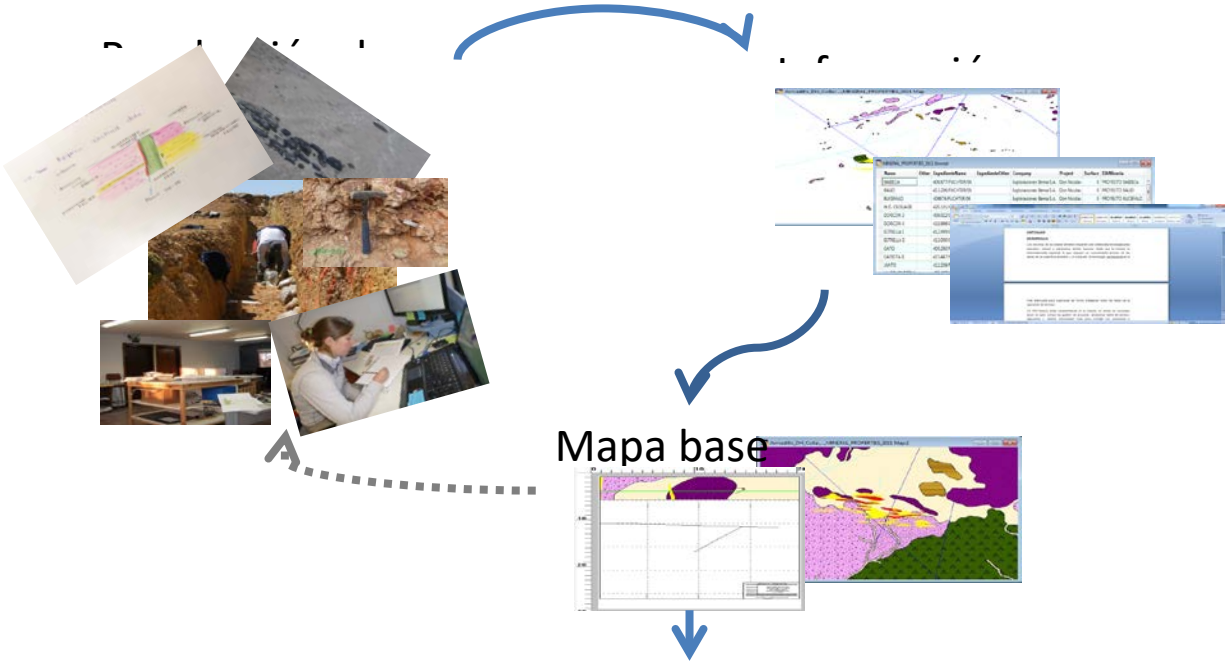
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL) . Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
m.c.leo@hotmail.com; hdg2010@gmail.com

Un Sistema de Información Geográficas (SIG) facilita el manejo del gran volumen de datos. Se presenta en esta contribución un avance en la planificación de las actividades mineras en el distrito geológico “El Macizo del Deseado”, en el que se localizan importantes prospectos de oro y plata ubicados en la provincia de Santa Cruz. El Macizo del Deseado se encuentra ubicado en el sector centro norte de la provincia de Santa Cruz (Violeta en el mapa 1). Está delimitado al norte por la ruta provincial Nº 49 (paralela al río Deseado), al oeste y sur por una línea que es paralela al río Chico hasta el paraje Las Horquetas y luego por la ruta nacional N° 40 hasta la localidad de Perito Moreno, y al oriente por el Alto del Deseado, en la plataforma continental argentina (Figura 1).



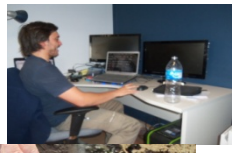
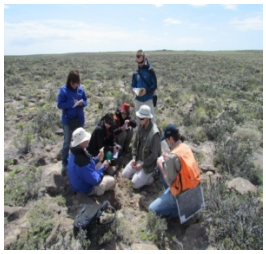
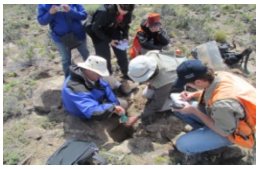
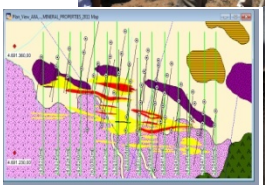
El proceso se inicia con un trabajo de gabinete en donde predomina la recopilación de la mayor cantidad de información de una zona de interés (lectura de material publicado para localizar áreas que contengan características adecuadas para la formación de minerales objetivo de la empresa, observar imágenes satelitales y derivadas, mapas, etc.); al comprender, el profesional, planifica campañas de campo para verificar lo observado en dichas lecturas, en la misma campaña se pueden tomar muestras superficiales de rocas, pequeños cortes como trincheras o canaletas, de esta forma se ahorra dinero y tiempo de labor

La parte GIS en esta etapa es únicamente digitalización de la información base que se encuentra disponible, por ejemplo alguna de las actividades que se pueden realizar son: Digitalización en pantalla, Digitalización con tabletas digitalizadoras, cargado de información en planillas Excel, redactado de informes, organizado de la estructura de archivos para un fácil acceso a la información.



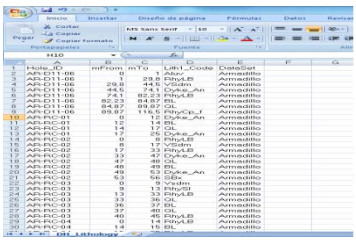
Toda esta información e hipótesis son plasmadas en bosquejos temáticos como por ejemplo mapa geológico, hidrológico, falla, venilleo, alteración, etc., además de su correspondiente informe para ser explicado y compartido con colegas y así ser evaluada la visión del profesional.

Una vez afirmada la hipótesis se realiza la planificación de pozos con el objetivo de obtener información más precisa a profundidades mayores.

A partir de este momento el uso de los Sistemas de Información Geográficos (GIS) se vuelven indispensables. En este caso los SIG utilizados fueron Mapinfo y Discover.

Esta información es agregada a la base de datos GIS y posteriormente tiene un post proceso. En forma simultánea se van llenando los campos de la tabla de atributo (Azimut, orientación, nombre, objetivo, etc.) para los pozos y (nombre, ancho y pozos afectados) para las líneas de secciones.



Conclusiones

Un SIG facilita el manejo del gran volumen de datos que son generados tras varios años de exploración intensiva. Trabaja con información referente a cada etapa (prospección, exploración, desarrollo, operación, transporte, beneficio y abandono) y facilita su gestión, ya que todas ellas están desarrolladas en base a un espacio geográfico delimitado. El tratamiento simultáneo de datos espaciales y la información conexa, permite una correcta organización de la geoinformación y como consecuencia directa se obtienen grandes ventajas en la eficiencia (ahorrando tiempos y costos) y en la eficacia (mejor toma de decisiones).

Referencias

Juan Carlos Gómez, Lucía Magnin “Cartografía geomorfológica aplicada a un sector de interés arqueológico en el Macizo del Deseado, Santa Cruz (Patagonia Argentina)” Núm. 65, 2008, pp. 22-37.

www.earthexplorer.com “Tendencias tecnológicas y soluciones para la exploración minera”.

EFICIENCIA EN EL ANÁLISIS DE LA GEOINFORMACIÓN CON UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA (SIG), EN ACTIVIDADES MINERAS.

Leonardo S. Cuello y Héctor D. Gómez

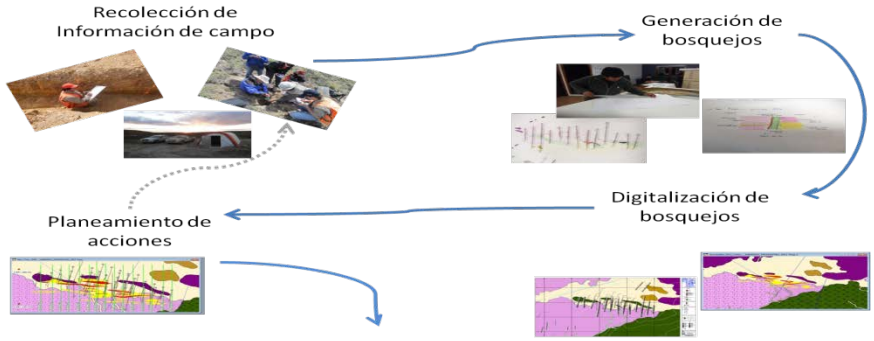
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL) . Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
m.c.leo@hotmail.com; hdg2010@gmail.com.

El Sistema de información geográficas suministra funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, estructuras), superficies (áreas de exploración) y volúmenes. Además facilita la utilización de herramientas de modelamiento de las capas o formaciones geológicas. La traslación de la exploración a un modelo 3D permite conocer mejor sus volúmenes y realizar cálculos con ellos.

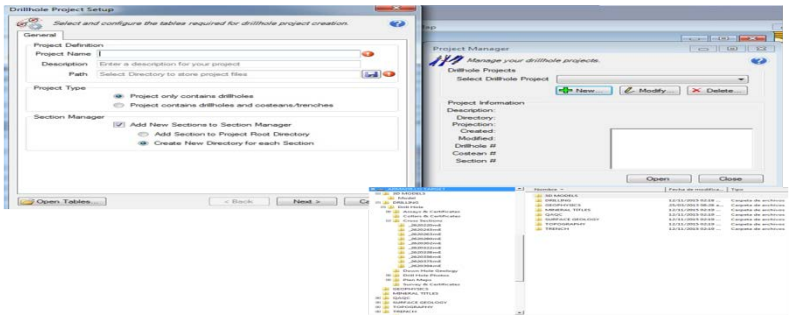
En las tareas de campo el geólogo recolecta la mayor cantidad de información posible, siguiendo la información de base generada por el profesional plasma toda la información recolectada e inferida en bosquejos.

El paso siguiente es la digitalización con tabletas digitalizadoras, etc.

En forma posterior se imprimen secciones, mapas y cartografía necesarios para diagramar una correcta campaña de perforación.

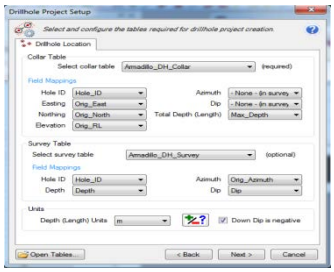


Una vez que el geólogo tiene definido el área objetivo, se genera la cartografía necesaria para realizar productos que lo guíen en tiempo real en las perforaciones de pozos. En el GIS Map Info, se definen los siguientes parámetros:

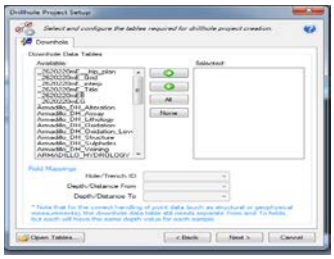


A – Por medio de la extensión Discovery con la herramienta que posee dicha extensión “perforación de pozos” se definen Proyectos

Se inicia la tarea con el “administrador de proyecto”, en el se define el nombre, una breve descripción, la ubicación donde se encontraran los productos resultantes, que contiene el proyecto (pozos y/o trincheras), de que archivos surgirán las líneas de secciones (una capa con líneas guía o crear una capa de líneas a medida que avanza el proyecto).



B – Como segundo paso para definir la información necesaria para armar un proyecto se debe establecer la ubicación geográfica y disposición del pozo (nombre, coordenadas, elevación, profundidad, azimut e inclinación) eso se hace indistintamente si es un pozo propuesto o perforado.

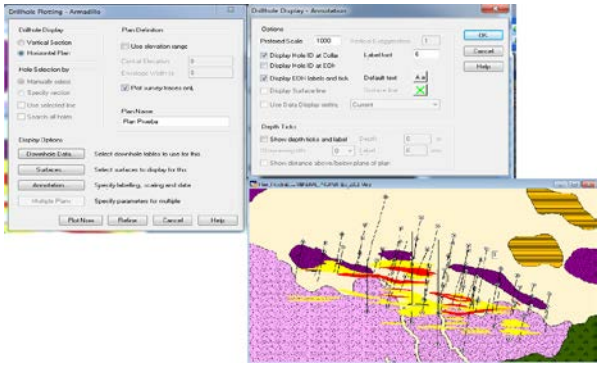


C – El tercer paso será de gran utilidad una vez iniciada la perforación ya que es donde el Geólogo agregara lo observado a medida que se va efectuando la perforación para obtener un rápido bosquejo que le servirá de guía y verificación del pozo si es que está dirigido en forma correcta o no. Esta información es agregada como atributos de cada pozo por medio de una tabla Excel completando de a pares de filas donde se define desde la medida hasta la medida con el atributo que se quiera definir en esa brecha.

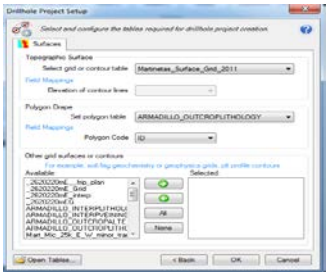
D – En el cuarto paso para la ubicación y definición de un proyecto en el software se debe definir un Modelo Digital del Terreno y una capa temática (litología en este caso) para ser representada en la línea del perfil de la sección transversal.

Entonces, de esta forma se obtiene toda la información indispensable para la generación de las secciones transversales para la verificar la disposición de los pozos con respecto a la mineralización.

Con la herramienta “definir nuevo plan o sección”, vamos a poder crear una sección transversal.



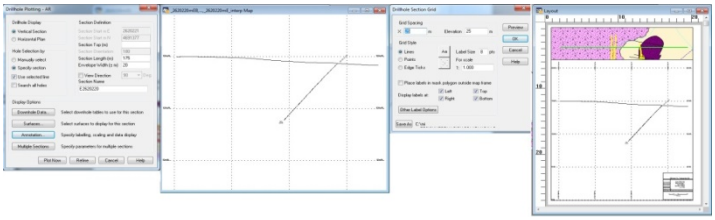
D1 – Como primer paso se debe hacer una vista en planta de los pozos afectados por lo que se deben definir parámetros como: nombre, anotaciones en el trayecto del pozo, etc. Y se obtendrá una capa con la proyección de los pozos hacia la superficie.



D2 – Como segundo paso se debe recurrir nuevamente a la herramienta “definir nueva sección o plan” y seleccionar “sección vertical”, en este caso se tilda la opción “sección específica”, ángulo de la vista del perfil, nombre (coordenada Este en este caso)

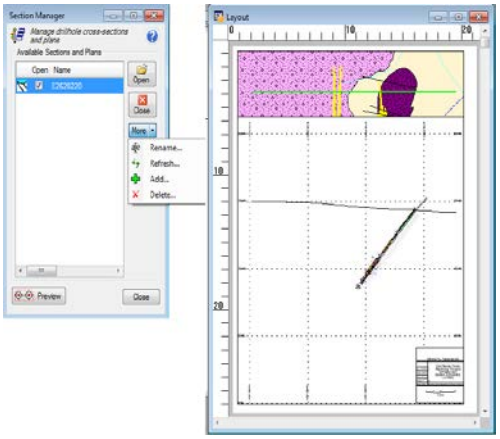
Una vez definido todos estos parámetros se dibujara el perfil de la sección con la prolongación del pozo según los datos de azimut e inclinación.

Por último paso para poder imprimir dicha sección se debe adosar elementos como: rótulo, escala, referencias y vista en planta) esto se realiza con la herramienta “sección a Layout”.



Finalizado los pasos anteriores el Geólogo está listo para empezar su campaña de perforación y que junto al dibujante mantenga una coordinación para que de esta manera se pueda actualizar la/s sección/es a tiempo real y de esta manera en caso de que el geólogo esté equivocado puede corregir el curso de la perforación para evitar mal gastos económicos y de tiempo.

El paso de la información visualizada por el geólogo a cargo de la perforación hacia el software SIG se realiza por planillas Excel y separada temáticamente (litología, sulfuro, nivel de oxidación, etc.), esta información es vinculada por un ID (nombre de pozo) y una vez dentro de la base de datos, sufre un proceso de validación donde se corrobora que no haya superposición de segmentos espacios en blanco o caso extremo, falta de algún ID. Finalizando la carga y validación de la información, retoma la actividad el dibujante actualizando la/s sección/es antes impresas pero esta vez con información adosada a cada pozo ya perforado.



Este proceso se realiza con la herramienta “Administrador de secciones” donde posee la opción de actualizar la/s sección/es seleccionada/s e inmediatamente se refresca la sección en toda las ventanas donde se esté utilizando, esto incluye el Layout.

Conclusiones.

Hoy en día los Sistemas de información geográficos, son una herramientas poderosas y útil como medios para la representación de información, en particular el análisis geográfico y la superposición dinámica de distintas capas de información en tiempo real nos llevo a tener una mayor eficacia en las tareas mineras donde la variable tiempo es muy importante en una campaña de perforación..

Referencias

Juan Carlos Gómez, Lucía Magnin “Cartografía geomorfológica aplicada a un sector de interés arqueológico en el Macizo del Deseado, Santa Cruz (Patagonia Argentina)” Núm. 65, 2008, pp. 22-37.

www.earthexplorer.com “Tendencias tecnológicas y soluciones para la exploración minera.

ASPECTOS GENERALES DE LA RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS Y RESISTIVIDAD DEL SUBSUELO

Mario R. H. Chury[1] y Adrián Silva Busso[1, 2, 3]

[1] *GIICMA, Universidad Tecnológica Nacional Regional Concordia (FRCON), Entre Ríos mrhchury@frcon.utn.edu.ar*
[2] *DSH - Instituto Nacional del Agua (INA), Autopista Ezeiza Cañuelas - empalme J. Newbery Km 1,620, Ezeiza, Buenos Aires (tel 011-44804500 int 5314) pntsas@ina.gov.ar*
[3] *Dpto. Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón II, Primer Piso, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. silvabusso@yahoo.com.ar*

La realización de importantes obras de estructuras en ingeniería civil, requieren esencialmente la determinación de las propiedades mecánicas del suelo para su correcta fundación., por ello los ingenieros civiles deben estudiar las propiedades geomecánicas del suelo. Estos estudios se llevan a cabo con ensayos in situ y en laboratorio a través de muestras extraídas del lugar. Debido a que estos métodos directos son costosos y demoran, la cantidad de puntos a evaluar suele limitarse, dejando una incertidumbre sobre la representatividad de una determinada variable bajo estudio, donde además el suelo presenta variación espacial y temporal en sus propiedades. Este estudio es una primera aproximación a generar un modelo de correlación entre las propiedades geoeléctricas del suelo y sus características geomecánicas. La bibliografía aporta pocos trabajos al respecto. Uno de ellos el de Cosenza *et al.* (2006) no encuentran una buena correlación entre la resistividad y la resistencia mecánica obtenida esta mediante el cono de penetración dinámica. En cambio, si obtuvieron una buena correlación entre la resistividad y su contenido de agua como podría preverse. Otro estudio, de Kumari *et al*. (2009), se encontró una buena correlación entre la resistividad y datos geomecánicos del suelo obtenida por medio del ensayo de penetración estándar (SPT). Fahad *et al*. (2012), a partir de pocas muestras tomadas con SPT a diferentes profundidades, mostró una buena correlación entre la resistividad y su contenido de humedad. Lo mismo le sucedió entre la resistividad y su ángulo interno de fricción. Por otro lado, se obtuvo una pobre correlación entre la resistividad y el peso específico; y entre la resistividad y la cohesión. Kowalczyk*et al*. (2014) investigaron la relación entre la resistividad en suelos no cohesivos relacionándola con su grado de compactación. Pero en laboratorio simulando suelos no cohesivos con diferentes grados diferentes de compactación e hicieron mediciones de resistividad eléctrica. Concluyeron que los métodos de resistividad eléctrica no pudieron discriminar grados de compactibilidad con una correlación significativa.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Sobre la base de estas investigaciones previas se comenzó a estudiar las relaciones entre la resistividad del subsuelo y los parámetros geomecánicos de los mismos. Una observación crítica de los estudios previos es la falta de datos sobre la geología o al menos la litología de los estudios, además de que algunos de ellos fueron realizados en laboratorio con material seleccionado que no responde a las condiciones naturales del terreno. Por lo tanto se procedió, en principio, a establecer un conjunto de premisas que especificaran mejor el objeto de estudio. Las mismas pueden resumirse según; (1) Definir claramente el contexto geológico la formación, facie o unidad geológica que se considerará en el estudio y considerarlo heterogéneo; (2) Usar datos de la litología a partir de las muestras de perforación; (3) Realizar sondeos eléctricos verticales 1D (SEV) con mediciones in situ y no en condiciones de laboratorio; (4) Hacer los SEV de forma paramétrica, es decir en el mismo sitio en que se tomaron las muestras; (5) Interpretar las capas resistivas en clara coincidencia con los cambios litológicos en las perforaciones y (6) Tener presente que la medida de resistividad verdadera no es una media directa sino que es un dato resulta de una interpretación que se corresponde a un modelo

conceptual. Considerando estas premisas se usó información proveniente de un total de 13 ensayos de SPT junto a los cuales se realizaron los SEV-1D con el fin de correlacionar los datos obtenibles del ensayo mecánico (en principio el número de golpes) con la resistividad eléctrica. Todos estos puntos de sondeos se encuentran sobre una misma formación geológica la F. Ubajay cuya litología es de arenas con niveles de limos y/o gravas intercaladas e la secuencia que puede incluir la presencia de silcretes. Esta unidad aflora y se extiende sobre el margen occidental del Río Uruguay entre Gualeguaychú y Monte Caseros con no más de 10-15 km de ancho. Los ensayos provienen de diferentes localidades de esta región. De esta primera etapa de estudio se presenta en las figura 1 y 2 que presentan la correlación entre el número de golpes y la resistividad. La figura 1 corresponde a un total de 4 SPT en la zona de Concordia tomada como aquí como caso típico. Como puede observarse se obtiene un coeficiente de correlación aceptable (r=0,70). En la Figura 2 se observa la misma relación anterior, pero esta vez con 13 SPT que son el total disponible a la fecha en toda área de estudio mencionada. En esta figura los valores de correlación son bajos (r=0,17) y la dispersión es grande. En síntesis, las correlaciones locales pueden ser adecuadas pero los intentos de regionalización de los resultados no parecen dar resultados favorables. Esta situación se repite en todos los casos donde se observan buenas correlaciones locales en contraste con las bajas correlaciones del conjunto de datos.

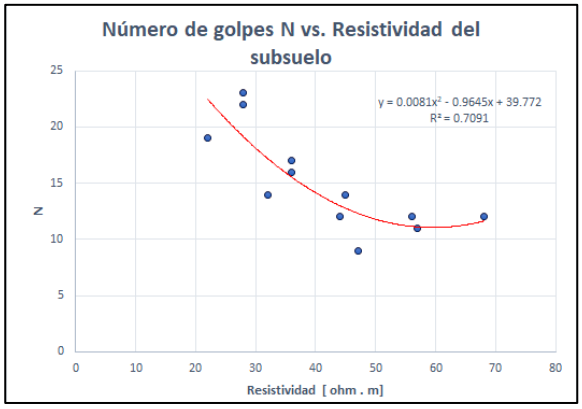


Figura 1

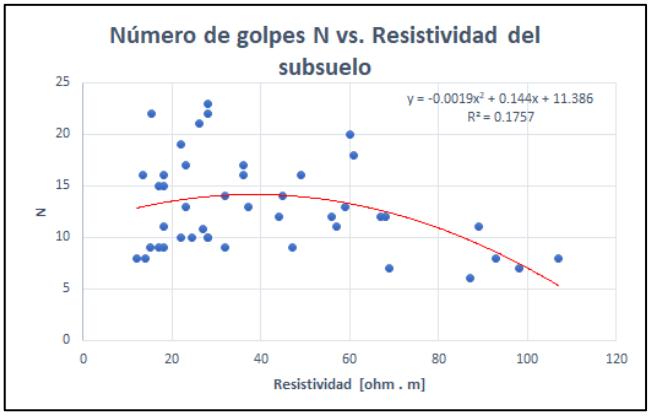


Figura 2

Relación entre el número de golpes y la resistividad

CONCLUSIONES

Se encontraron correlaciones locales favorables, pero no se ha encontrado un mecanismo de correlación aplicable a todos los puntos de medición en su conjunto. Esto puede deberse a la heterogeneidad regional de la Fm. Ubajay. Aunque puede decirse que existen correlaciones locales entre las variables es aún prematuro aseverar que los parámetros geomecánicos puedan ser correlacionados con la resistividad de forma regional. Deberá desarrollarse una metodología que tenga en cuenta la variabilidad que presente el subsuelo considerando las limitaciones de las técnicas empleadas, para no caer en afirmaciones prematuras.

REFERENCIAS

COSENZA, P., MARMET, E., REJIBA, F., CUI, Y. J., TABBAGH, A., CHARLERY, Y., 2006. Correlations between geotechnical and electrical data: A case study at Garchy in France. Journal of Applied Geophysics 60, 165-178.

FAHAD, I. S., SYED, B. A., 2012. Integrating geo-electrical and geotechnical data for soil characterization. International journal of applied physics and mathematics, vol. 2, Nº2.

KOWALCZYK, S., MASLAKOWSKI, M., TUCHOLKA, P. 2014. Determination of the correlation between the electrical resistivity of non-cohesive soils and the degree of compactation. Jounal of Applied Geophysics 110, 43-50.

KUMARI SUDHA, ISRAIL, M., MITTAL, S., RAI, J. 2009. *Soil characterization using electrical resistivity tomography and geotechnical investigations*. Journal of applied geophysics 67, 74 - 79.

SONDEOS AUDIO MAGNETOTELÚRICOS (AMT) PARA CORRELACIÓN CON PERFORACIONES Y SÍSMICA DE REFRACCIÓN EN EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO PUNTA DE VACAS (MENDOZA)

Leandro Bacigalupe
Esin Consultora S.A.
leandrobacigalupe@gmail.com

El proyecto denominado Aprovechamiento Hidroeléctrico Punta de Vacas es uno de los cinco aprovechamientos que conforman el Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, que planea utilizar los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Tupungato, Cuevas, Vacas y Mendoza para generar energía y transferirla al sistema interconectado nacional por hasta 3000 GWh/año con una potencia instalada de 1100 MW optimizando un salto neto de 1400 metros.

El actual planteo y diseño de la alternativa del Aprovechamiento Hidroeléctrico Punta de Vacas se apoya en numerosos antecedentes como S.A.D.I.P. (1951) Edes Auxini (1969) y Agua y Energía Eléctrica S.E. (1981/83). Fue esta última quien más desarrollo trabajos en la zona, llegando a un nivel de investigación geológica de factibilidad avanzada.

El cierre tiene un ancho de 800 metros aproximadamente y está labrado en una granodiorita siguiendo una posible estructura de falla coincidente con el valle del río Mendoza superior. Las laderas no presentan mayores complicaciones estructurales, por lo que se ha permitido proponer fundaciones de presas de distintas alturas sin inconveniente.

Las condiciones de las rocas están bien conocidas no así el perfil completo de los aluviones que rellenan el valle, ni tampoco el perfil del techo de roca

Debido a los plazos y recursos disponibles al momento de los estudios se decidió optar por la realización de sondeos de audio magnetotelúrica (AMT) a fin de correlacionar la información antecedente de perforaciones y estudios sísmicos realizados en años previos, para definir los niveles de relleno del valle principal, el techo de roca y la presencia de la falla del río Mendoza.

Introducción

Esta zona se caracteriza por la confluencia de los ríos Tupungato, Cuevas y Vacas que forman el río Mendoza. El río Tupungato que corre de sur a norte y tuerce su curso al noreste luego de recibir por margen izquierda el río Cuevas y al río Vacas, ambos con dirección noroeste-sudeste.

La topografía en la zona del encuentro entre los ríos Tupungato y Cuevas genera un sector amplio, de tipo triangular conformado por las tres laderas de los valles, con amplios depósitos coluviales y fluviales.

La geología del área podría definirse como un cuerpo granodiorítico, presumiblemente de edad pérmica, que intruye una caja de grauvacas silíceas de edad carbonífera asignadas a la Formación Alto Tupungato.

Las características comunes a toda el área de estudio son las grandes coberturas de detritos de laderas en forma de conos de deyección y el potente banco de sedimentos fluviales y fluvioglaciales que rellenan el valle del río Mendoza. Además se distinguen varios niveles de terrazas donde algunas zonas han sido retrabajadas. Los depósitos morrénicos son limitados a sectores de margen de laderas.

Estudios previos

Los antecedentes registrados durante los trabajos de AyEE corresponden a geología de detalle de los sectores de obra principal, presa, geología en áreas de obras complementarias, toma, vertedero, ataguías, desvíos, geología del vaso de embalse en escalas en 1:10.000 y 1:1.000, perforaciones (19) con extracción de muestras y testigos donde correspondía y ensayos de permeabilidad, las perforaciones en el cauce antiguo no llegaron a techo de roca a 108 m de profundidad. Los estudios de sísmica de refracción comprendieron 5 líneas y un total de 2257 metros lineales, se determinaron velocidades sísmicas y zonificación de los aluviones. No se determinó el perfil del techo de roca. Se realizaron descripciones litológicas representativas del macizo Cordón del Plata macroscópica y microscópicamente, se determinaron densidades, resistencia uniaxial de la roca, compresión diametral, módulos dinámicos, módulos de deformación y coeficiente de Poisson.

Las perforaciones en margen derecha encontraron techo de roca a los 65,60 metros de profundidad, a cota 2295,90 msnm (metros sobre nivel del mar) y en margen izquierda dos perforaciones no llegaron a encontrar techo de roca, siendo suspendidas a los 91,30 metros de carrera, cota 2295,21 msnm y 85,00 metros, cota 2302,31 msnm. Los estudios geofísicos determinaron tres tipos de sedimentos rellenando el valle principal e infirieron la forma del techo de

roca dándole un perfil tipo glaciario en forma de U abierta. Además definieron una posible falla coincidente con el eje del valle, pero sin mayores precisiones.

La características de la roca en profundidad en margen derecha, de acuerdo a observaciones de los testigos de rocas extraídos, son granodioritas con variaciones texturales a pórfiros granodioríticos y atravesados por diques de lamprófiros potentes de hasta 6m de espesor. En margen izquierda las granodioritas aparecen como intrusivo a las areniscas del Carbonífero (grauvacas) muy fracturadas y diaclasadas por efectos de fallas secundarias presentes en el ambiente del río Vacas (AyEE, 1981)

Sobre margen izquierda se presenta una terraza subhorizontal de 400 metros de longitud transversal al valle, definida como Terraza Superior del río Mendoza. La ladera se encuentra cubierta por derrubios en la zona baja y presenta los afloramientos del cuerpo granodiorítico intruyendo a las areniscas en la zona alta, a cotas superiores al eje de coronamiento de la presa. En profundidad, siempre sobre margen izquierda, se llegó a encontrar la granodiorita hacia las proximidades de la ladera, pero no fue posible hallarla hacia el centro del valle.

En resumen las condiciones de las rocas están bien conocidas no así el perfil completo de los aluviones que rellenan el valle, ni tampoco el perfil del techo de roca. Por otra parte es interesante destacar la permeabilidad del aluvión a partir de las cotas 2300 metros sobre nivel del mar aproximadamente, desde donde la granulometría del mismo es aleatoria. Al desconocer el fondo rocoso del valle se presupone fuga por el aluvión por debajo de la cota 2300 metros.

Los tipos de roca que conforman el vaso de embalse aseguran buenas condiciones de estanqueidad, la fracturación ha sufrido proceso de milonitización o cementación secundaria por soluciones hidrotermales, procesos posteriores a la fracturación han sido selladas. El principal elemento estructural es la falla Tupungato, que tiene continuidad en el valle del río Vacas (Ramos y Fuentes, 1982).

Al desconocer el fondo rocoso del valle se presupone fuga por el aluvión por debajo de cota 2300 metros, en cambio, por las características topográficas y geológicas del embalse, no se presumen existen condiciones para posibles fugas laterales.

Metodología y Resultados

Fueron ejecutados 3 sondeos de Audio Magnetotelúrica (AMT) en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Punta de Vacas con la finalidad de determinar el techo de “roca consolidada”, debido a que los trabajos realizados con anterioridad mediante sísmica de refracción, efectuada con explosivos, y perforaciones, no lograron determinar la profundidad de la misma.

El método consiste en medir los campos naturales eléctricos y magnéticos inducidos en el subsuelo por la actividad de la radiación solar y su interferencia con la ionosfera y también por tormentas eléctricas, en un amplio rango de frecuencias, de acuerdo a la profundidad de investigación a que se quiera llegar.

Los modelos 1D logrados han permitido obtener capas con un contraste de resistividades eléctricas en las que los valores más elevados se atribuyen a la roca consolidada, tal como se puede observar en los correspondientes figuras Además se realizó un perfil con las distribuciones de las resistividades a partir de la interpretación 1D en función de la profundidad (Figura 1).

Se puede observar de los modelos que en los 3 sondeos AMT la secuencia es la misma, una capa superficial de resistividad alrededor de 10 a 100 ohm-metro, de espesor entre 2 y 15 metros. Por debajo una capa resistiva de espesor entre 116 y 132 metros de resistividades entre 231 y 274 ohm-metro que se ha interpretado como sedimentos y roca alterada. Por último se destaca una capa más resistiva con espesores entre 491 y 567 metros con valores altos de resistividad que se atribuyen a la roca consolidada

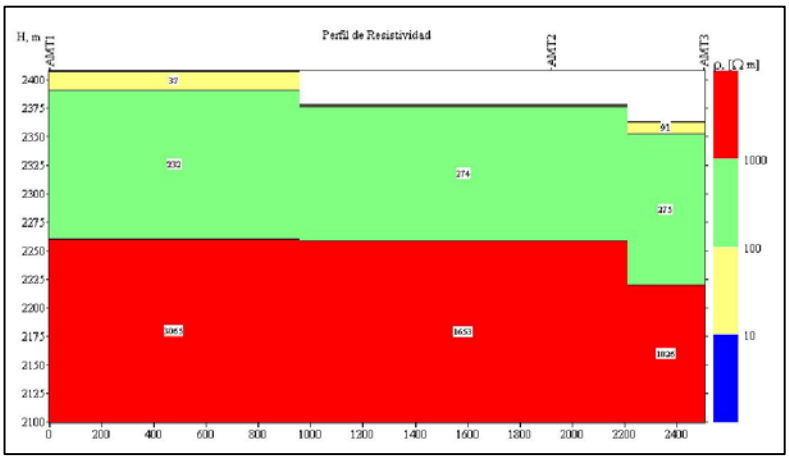


Figura 1: Perfil de resistividad integrado de los tres sondeos AMT

Referencias

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Evaluación Técnico-Económica, Etapa I"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Características Técnicas"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1981. Aprovechamiento Río Mendoza – Aprovechamiento Cordón del Plata "Resumen de Información"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1981. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Informe de Prefactibilidad Fase I"

Agua y Energía Eléctrica - Sociedad del Estado; Jefatura de Estudios y Proyectos, Región III, 1980. Complejo Hidroeléctrico Cordón del Plata, "Descripción y Fichas Técnicas"

Fuentes, A. J., Ramos, V., Velo, R. "La falla del Río Tupungato: Una fractura de cizalla gondwánica, Mendoza, Argentina"

KMS Technology, Acquisition system for EM methods & microseismics KMS-820 MESH

Polanski, Jorge 1962. "Estratigrafía. Neotectónica y geomorfología del pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza". Revista de la Asociación Geológica Argentina, Tomo XVII, Nro. 3-4.

Ramos, V. 2010. Hoja Geológica 3369-III "Cerro Tupungato", Provincia de Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR.

Ramos, V. 2010. Hoja Geológica 3369-I "Cerro Aconcagua", Provincia de Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR.

ALCANCES EN LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO POR TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA PARA LA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES EN UNA ESTACIÓN PETROLERA

David Aguilera[1], Aldo Giaccardi[1] y Augusto Morosini[1,2]
[1]*Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis.*
[2]*CONICET*
davidaguiler@gmail.com

Se pretende localizar, a través de la medición de la resistividad eléctrica del subsuelo, la distribución y posible fuente de contaminantes de hidrocarburos detectados en un punto de monitoreo (pozo F-8) dentro de una Estación Petrolera, y evaluar los alcances del método. La investigación se realizó mediante la Técnica de Tomografía Geoeléctrica, que mide la distribución de la resistividad en secciones verticales del terreno (2D). Se utilizaron varios dispositivos electródicos (Wenner, Schlumberger, Dipolo-Dipolo), pero los mejores resultados fueron obtenidos con el dispositivo Wenner, y la distancia interelectródica escogida para lograr suficiente profundidad de penetración fue de AB/3 = 2 m. Se ejecutaron 8 tomografías, las cuales fueron distribuidas en el terreno según sus posibilidades operativas, ya que por las distintas instalaciones existentes, resultó imposible diagramar un grillado regular (Figura1). Para su interpretación se realizaron secciones verticales del terreno en perfiles continuos de resistividad aparente, modelos de inversión con el software *res2dinv* y mapas de isoresistividades aparentes para diferentes niveles (profundidades de AB/3) mediante interpolación *Kriging* con el software *Surfer*. Todos los datos se complementaron con información histórica de las mediciones realizadas en los distintos freatímetros construidos en la Planta, el análisis hidrogeológico del área, y otros antecedentes de interés relacionados al comportamiento de la capa freática.

El equipo utilizado fue un resistivímetro digital de alta precisión GEO-ELEC perteneciente al Departamento de Geología de la UNSL. El mismo está constituido por un módulo transmisor (de 300 W de potencia) que envía corriente continua al terreno mediante electrodos de emisión, y un módulo receptor (sensibilidad 0,001 mV) en el cual se miden diferencias de voltaje producidas. Además cuenta con 24 electrodos de acero inoxidable de 12 mm de sección, un par de cables de 12 conductores adosado a un dispositivo de control, y una fuente de corriente de 12 voltios (batería).

La Planta Petrolera se encuentra ubicada en la planicie aluvial de un río con importante caudal (río Negro), a escasos 200 m del curso principal. Los sedimentos que la componen son de granulometrías gruesas (grava mediana a gruesas con matriz limo arcillosa). El acuífero libre presenta un espesor variable entre los 12 y 15 m, y el sustrato lo conforman sedimentitas Mesozoicas del grupo Neuquen. La superficie freática es fluctuante, ascendiendo a posiciones cercanas a la superficie topográfica (entre 1,50 a 1,80 m) entre los meses de octubre a marzo, hasta descender a mas de 3 m en los meses de junio-julio.

Las tomografías eléctricas permitieron establecer (de manera general) una distribución de resistividades "lógicas" para el entorno estudiado, considerando una zona superior de alta resistividad, que representa a los depósitos aluviales gruesos no saturados y más resistivos, y una zona inferior, más conductiva, que poseería una composición similar pero que estaría saturada. Las áreas con alta resistividad, que en las imágenes de inversión se extienden muy por debajo del nivel freático, fueron consideradas como zonas anómalas, y su existencia podría estar vinculada a la presencia de hidrocarburos en el subsuelo. Asimismo, también consideramos como anómalas, las zonas donde sucedía la situación contraria, es decir, elevada conductividad por encima de la superficie freática, ya que teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde que se detectó por primera vez el hidrocarburo en el pozo de monitoreo F-8, podría suceder que éste hubiera cambiado sus propiedades eléctricas debido a la acción bacteriana, reduciendo la resistividad de la capa superior. La degradación de los hidrocarburos por la actividad microbiana y las alteraciones geoquímicas resultantes en la zona no saturada, provocar un aumento en la conductividad eléctrica (Werkema *et al.,* 2004).

Las anomalías resistivas se ubican al oeste del pozo F-8 y poseen mayor expresión areal. Una de ellas se localiza sobre una línea de conducción de drenajes que pasa por el oeste de la playa de tanques, y otra inmediatamente al sur de dicha playa (Fig. 1B). La primera podría asociarse tanto a pérdidas en el sistema de conducción, como a heterogeneidades de compactación y arreglo granulométrico de los materiales de relleno de una excavación. La segunda, que se sitúa próxima al recinto de contención, podría deberse a pérdidas en alguna cañería cercana, o a la presencia de hidrocarburos residuales situados en la zona de aireación. Las anomalías conductivas se ubican en dos sectores, una entre dos de los colectores de drenaje que se encuentran sobre el lateral occidental de la playa de tanques, y la otra, aledaña a la cámara colectora próxima al pozo F-8. Estos sectores anómalos podrían responder a resistividades de los hidrocarburos modificadas por degradación bacteriana desde su detección.

El trabajo permitió evaluar el alcance del método:

a) En primer lugar, es perceptible la importancia de llevar a cabo de antemano un análisis hidrogeológico del sector a investigar, y recolectar la mayor cantidad de información (planos, descripciones de obras, datos de mediciones periódicas de freatímetros, pluviometría, etc.). Esto nos permitió descartar zonas. Por ejemplo, nosotros supimos de antemano que la presencia de hidrocarburos en el F-8 indica que la fuente contaminante tiene su origen

necesariamente al norte del pozo de monitoreo, porque los gradientes de flujo subterráneo provienen o del NO o del NE dependiendo la época del año.

b) Las condiciones particulares del área no son las mejores para la aplicabilidad del método de exploración por Tomografía Eléctrica, debido a varios factores: 1) que la contaminación por hidrocarburos puede generar una ambigüedad en los resultados de anomalías; elevada resistividad (cuando el hidrocarburo no ha sufrido degradación) o una baja resistividad (cuando este ha sufrido degradación). Si se trata del primer caso, los valores de este parámetro quedan enmascarados por las altas resistividades del sedimento (gravas gruesas) de la zona no saturada, mientras que si se trata del segundo, los valores quedan enmascarados por las bajas resistividades de la zona saturada, sin poder concluir fehacientemente cual es la anomalía verdadera, o si ambas lo son. 2) El alto grado de incertidumbre debido al ruido de fuentes electromagnéticas como cables de alta tensión en las cercanías, objetos metálicos enterrados (caños), cimentaciones de hormigón, además de aquellos valores anómalos propios que puedan surgir durante el relevamiento, como altas resistencias en los contactos electrodo/suelo, polarización de electrodos, etc., y 3) El reducido espesor del sobrenadante de hidrocarburo difícilmente pueda ser detectado por la resolución del equipo y limitaciones del método, a no ser que las fluctuaciones del nivel freático hayan permitido el desarrollo de una franja de mayor potencia por impregnación del contaminante.

c) Resulta un condicionante fundamental en el análisis e interpretación de los datos obtenidos en la exploración por Tomografía Eléctrica la ubicación de los dispositivos, equipamientos e infraestructura de la Planta, ya que estas dificultaron el tendido del dispositivo, el cual requiere el hincado de muchos electrodos en líneas rectas, siendo muy restringidos los sectores que permitieron realizar la configuración adecuada, y por ende, una importante deficiencia en la calidad de datos puede llegar a existir en los mapas de isoresistividades obtenidos por interpolación, en cuanto a la heterogénea distribución espacial del grillado.

d) Asimismo, las Tomografías Eléctricas, junto al análisis hidrogeológico del sector, permitieron reconocer distribuciones anómalas de la resistividad, identificando 4 zonas anómalas, dos “muy resistivas” y dos “muy conductivas”. Esto nos permitió hacer recomendaciones a la Empresa para llevar a cabo un seguimiento de la exacta detección de fuga/s para optimizar la acción de mitigar. Estas recomendaciones consistieron en la investigación a través de métodos directos con la realización de pozos de monitoreo sobre ambos tipos de anomalías (+ y -), con intención de muestrear suelo y agua, a fin de determinar la presencia y concentración de contaminantes con el tipo de anomalía.

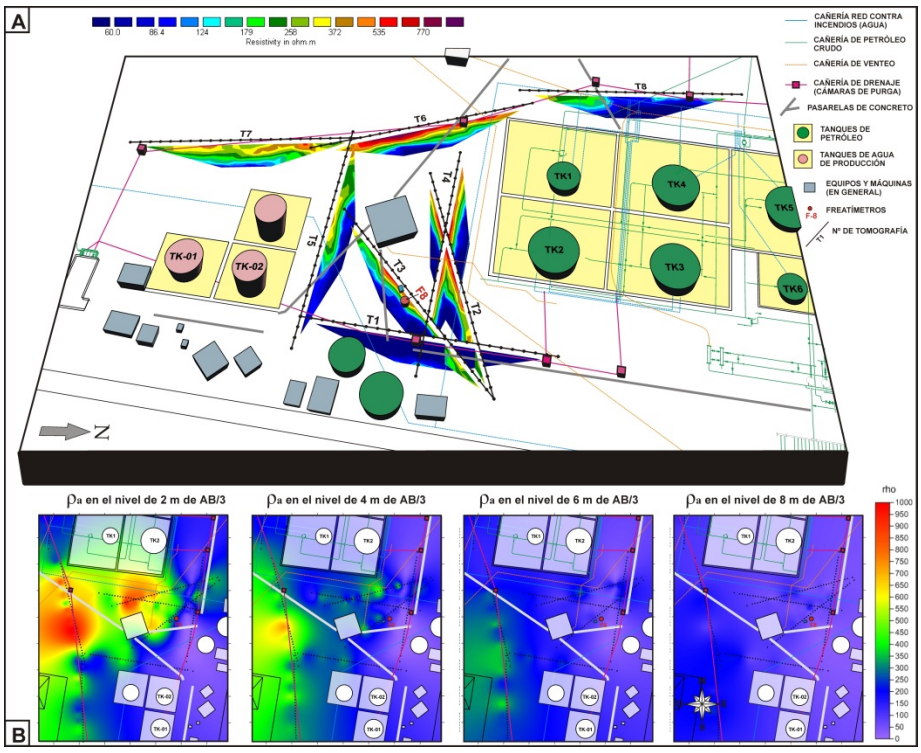


Figura 1. A) ubicación de las pseudosecciones de resistividad aparentes obtenidas por Tomografía Geoeléctrica sobre un bosquejo tridimensional de la Estación Petrolera. **B)** Mapas de isoresistividades aparentes para 4 niveles de AB/3 (2, 4, 6 y 8 m) que muestras las anomalías detectadas (resistivas en rojo y conductivas en violeta). A los 10 y 12 m los valores de resistividad se hacen homogéneamente conductivos en torno a los 200 Ωm.

REFERENCIAS

Werkema, D., Atekwana, E., Atekwana, E.A., Rossbach, S., Sauck, W., 2004. Laboratory and field results linking high conductivities to the microbial degradation of petroleum hydrocarbons. Symposium on the Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems, Colorado Springs, CO, February 22-26, 2004.

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DEFORMACIONES UTILIZANDO TECNICAS INSAR Y GPS. APLICACIÓN EN EL ESTUDIO DEL SISMO DE MAGNITUD 4,7 DEL 12/09/2015 – PROV. DE SAN JUAN – ARGENTINA.

Guillermo Garcés Olsen [1,4]; Irene Pérez [2]; Francisco Ruiz Cobos [3] y Alejandro Oro [4]

[1] Centro de Fotogrametría, Cartografía y Catastro, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de San Juan; [5] Doctorando Universidad Nacional de Catamarca
ggarces@unsj.edu.ar

[2] Instituto Nacional de Prevención Sísmica, Argentina.
iperez@inpres.gob.ar

3 Instituto Geofísico Sismológico "Ing. F. S. Volponi" – FCEFN - Universidad Nacional de San Juan y CONICET.
fruiz@unsj-cuim.edu.ar

4 Dpto. de Ingeniería en Agrimensura, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

La Interferometría SAR diferencial (DInSAR) es una de las técnicas interferométricas que permite detectar en áreas extensas deformaciones de hasta unos pocos milímetros, de la superficie del terreno. El resultado del procesado DInSAR es un mapa de deformaciones que ha evidenciado un área particular a lo largo del intervalo de tiempo considerado.

El objeto de este trabajo es mostrar a través de estas técnicas los cambios comprendidos para una zona cercana al epicentro del evento sísmico del día 12/09/2015, de M 4.7. Los parámetros del sismo son: latitud -31.631, longitud -68.503, profundidad hipocentral 10 km; según el catálogo de INPRES (www.inpres.gob.ar).

Los datos SAR utilizados fueron capturados 24 días antes y 48 días después de la ocurrencia del sismo. Los datos GPS fueron tomados con una época de 15 segundos durante el mismo período de los proporcionados por SAR (73 días de mediciones GPS) y procesados mediante el método PPP, utilizando como marco de referencia geodésico el ITRF.

Para obtener los resultados mostrados en la Figura 1 y que representan cambios en altitud, se realizaron entre las técnicas de interferometría, correcciones para minimizar los efectos de la topografía y de la tropósfera. La finalidad de esto es obtener las diferencias de fase debido al movimiento producido en el período planteado por la disponibilidad de los datos SAR y que podrían asociarse con deformaciones tras la ocurrencia del sismo.

Para validar y comparar los resultados, se procesaron datos GPS de 6 estaciones permanentes de la red RAMSAC (IGN) y de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ). Los valores encontrados en estas estaciones son coherentes con las deformaciones del interferograma.

Para determinar las deformaciones en la dirección radar – tierra se aplicó la técnica de Interferometría Diferencial (DInSAR) a fin de establecer las diferencias de fase en el período desde el 19 de Agosto de 2015 hasta el 30 de Octubre de 2015. (Figura 1)

La aplicación de la técnica DINSAR con la validación GPS permite caracterizar y cuantificar las deformaciones producidas, utilizando los datos de RADAR, en ese intervalo de tiempo y que podrían estar asociadas al evento sísmico.

La precisión de los datos utilizados, las correcciones de influencia de la tropósfera y la topografía, permiten detectar pequeños cambios, aplicando las técnicas de Interferometría y la validación planteada de los datos provistos de estaciones GPS pueden ser claves para revelar cambios con alta precisión y exactitud. Teniendo en cuenta que estos cambios pueden ser muy pequeños y sólo detectables con estos procesamientos, se plantea la importancia de la aplicación de estas metodologías y el análisis de los resultados constituye una base para trabajos futuros, teniendo como premisa los desarrollos en las misiones satelitales y algoritmos de procesamiento que representan un avance claro en este sentido.

Agradecimientos: a la ESA (Agencia Espacial Europea) la captura y provisión de datos SAR capturados por el radar de apertura sintética a bordo del satélite Sentinel 1-A (SAR), en el marco del Programa Copernicus.

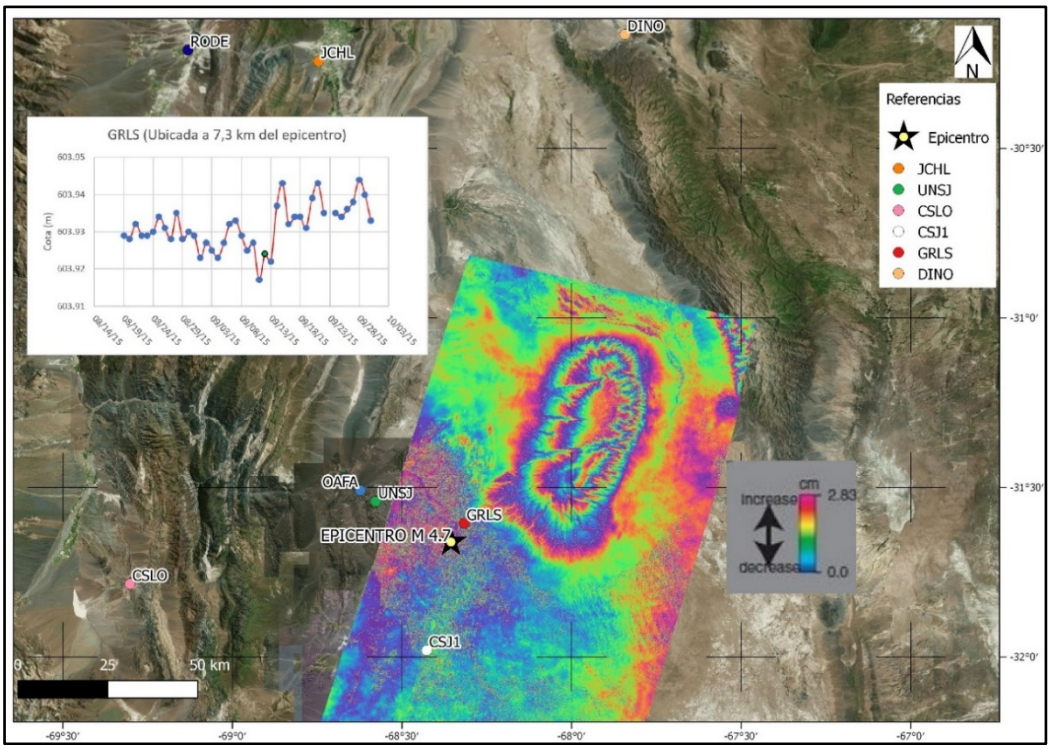


Figura 1. Grafico del interferograma diferencial; las curvas cerradas son coincidentes con el cerro Pie de Palo. Las zonas en color rojo indican los mayores ascensos topográficos, de hasta 5,6 cm y en las zonas de color azul y verde donde no hubo mayores cambios. El recuadro blanco muestra la variación de cota de la estación GPS más cercana al epicentro (GRLS).

Referencias

Biescas E., Herrera G., Fradua I., Crosetto M., Crippa B. Detección y Análisis de deformaciones en regiones amplias.

Precise Point Positioning https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php

Ruiz, F., Introcaso, A., Nacif, S., Gimenez, M., Martinez, P., Laplagne, H. (2011). Cambios de gravedad de origen tectónico en la transición entre las Sierras Pampeanas Occidentales y la Precordillera Sanjuanina (2011)

Marco Polcari, Mimmo Palano, José Fernández, Sergey V. Samsonov, Salvatore Stramondo & Susanna Zerbini (2016) 3D displacement field retrieved by integrating Sentinel-1 InSAR and GPS data: the 2014 South Napa earthquake, European Journal of Remote Sensing.

Marco Moro1, Michele Saroli1,2, Salvatore Stramondo1, Christian Bignami1, Matteo Albano 1,Emanuela Falcucci1, Stefano Gori1, Carlo Doglioni1, Marco Polcari1, Marco Tallini3, Luca Macerola3,Fabrizio Novali4, Mario Costantini5, Fabio Malvarosa5 & Urs Wegmüller6. (2017) New insights into earthquake precursors from InSAR.

MAPA GEOTÉCNICO DE LA CIUDAD DE TREINTA Y TRES, URUGUAY.

H. Ferrizo, P. Abre, P; G. Blanco y V. López

Centro Universitario Regional Este, Sede Treinta y Tres (UdelaR), Ruta 8, km 282, Treinta y Tres, Uruguay.
hferrizo@hotmail.com

Este trabajo pretende unificar los conocimientos geológicos geotécnicos del subsuelo urbano de la ciudad de Treinta y Tres, ubicada al este de Uruguay, a partir de la recopilación y almacenamiento de datos de campo, en forma digital, en un Sistema de Información Geográfica, utilizando el software libre Qgis. La idea surgió al momento de disponer numerosas excavaciones, que por distintos motivos de obras se fueron realizando durante un período de más de 2 años en lo que corresponde a la planta urbana de la ciudad. Los mapas geotécnicos nos dan información sobre las características y propiedades del suelo y subsuelo, para evaluar su comportamiento y clasificarlas en unidades geotécnicas. Los usos de estos mapas son variados, desde la planificación de proyectos de ingeniería hasta el ordenamiento territorial de la ciudad.

Para construir esta base de datos se realizó fotointerpretación, investigaciones de campo, cartografía y georreferenciación de la información obtenida. Como base de información se confeccionó un mapa geológico, en donde se representó las litologías presentes en el área de estudio. Se hizo reconocimiento de campo con toma de datos, se caracterizó los materiales, agrupándolos según sus características texturales, presencia de nivel freático y comportamiento frente a la excavabilidad. Todas estas observaciones fueron tomadas en calicatas o excavaciones ejecutadas en distintos puntos de la ciudad.

El subsuelo de la ciudad de Treinta y Tres, geotécnicamente se corresponde con cuatro unidades formacionales no consolidadas, superficiales y una unidad rocosa.

Cada unidad presenta sus rasgos físicos propios, y se las clasifico según el material presente, la profundidad del suelo orgánico, presencia de agua y la excavabilidad referente. Se logró incorporar un importante volumen de información, generando una cartografía precisa y de fácil manejo, de modo que sirva como soporte y consulta para futuros trabajos de ingeniería que se lleven a cabo en suelo treintaitresino. El SIG generado permite, además, incorporar fácilmente nuevos datos que puedan obtenerse en futuras investigaciones.

Como resultado final de este estudio, se obtiene un mapa geotécnico, que contribuye al mejoramiento de las obras sobre la base del conocimiento del terreno, y al ordenamiento territorial y urbanístico de la ciudad, determinando posibles zonas de riesgos naturales, como movimientos de suelos, cotas de inundaciones, etc.

MODELO DE REHABILITACIÓN CANTERA DE COQUINA, LAS PIPINAS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Viqueira Mirian, Mutti Diana
Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria,
mir.viqueira@gmail.com; diana.mutti@yahoo.com.ar

A partir del relevamiento topográfico y geológico de una cantera en actividad, sita en la localidad de Las Pipinas, provincia de Buenos Aires, se propuso un modelo de cierre, conexo con el entorno natural y sociocultural.

El depósito de coquina sobre el cual se desarrolla la actividad minera se trata de un material de edad pleistocena medio a tardía e integra un antiguo cordón litoral casi aflorante en el área de la localidad, escasamente cubierto por la presencia de suelos actuales, de alta calidad agrícola.

El objetivo de este trabajo es el de obtener un modelo de recuperación o rehabilitación para el área afectada por el emprendimiento minero contemplando una integración ecológica y paisajística. Este objetivo se logró a través del análisis de la vida útil de la cantera y proyecciones de producción, teniendo en cuenta además las generalidades del yacimiento. Por otro lado se realizó el análisis de los impactos ambientales durante la explotación, se planteó la remodelación del hueco, taludes y escombrera teniendo en cuenta la estabilidad y la incorporación de geoformas que se ajusten con los usos futuros del entorno, sin que ello implique cambios drásticos en el ecosistema original además de regular los fenómenos de erosión de taludes tanto por precipitaciones ordinarias y extraordinarias, como por la presencia de agua aflorante de la napa.

Finalmente este trabajo aporta a la dimensión sobre el rol que los profesionales de las Ciencias Geológicas deben cumplir con la actividad humana para que no se entiende como una acción independiente de la naturaleza, sino por el contrario parte de ella, ya que los recursos naturales poseen un valor estratégico para las sociedades y son agotables bajo la creciente demanda y ante una mala gestión de los mismos.

Metodología

La metodología utilizada en la confección de este trabajo se encuentra dividida en tres etapas.En primer término se realizó la recopilación de información bibliográfica sobre el área, tanto geológica (Fidalgo *et. al.* 1973 a-b; Zambrano, 1980; Tavella, 2005) como de características ambientales (Violante *et. al.*, 2001), cierre de mina, ley ambiental (CODIAMON 2004, 2009), además de cartográfica e imágenes satelitales georeferenciadas tomadas de *Google Earth* (IKONOS). Como parte de la segunda etapa se realizó el mapeo a escala de detalle de la labor a cielo abierto, *stocks* y pilas de material estéril acumulado por remoción (Figura I), la recolección de muestras de coquina para su análisis petrográfico y físico-químico. Se tomaron fotografías de las zonas de influencia visual desde la estancia cercana hacia la labor minera y desde los accesos. Se efectuó el relevamiento de las canteras abandonadas, sitas en las inmediaciones del predio de la cantera en actividad. Se tomaron fotografías para la visualización del hábitat que se desarrolló naturalmente en dichos sectores, donde la vegetación creció espontáneamente a través de los 25 años de abandono. Además se realizó un análisis de los impactos ambientales (Conesa Fernandez Vítora, 1996; IGME, 1996; Gómez Orea, 1999; Jorba y Vallejo, 2008) generados por la explotación minera para ser tenidos en cuenta a la hora de generar la propuesta de plan de cierre y abandono de la cantera.

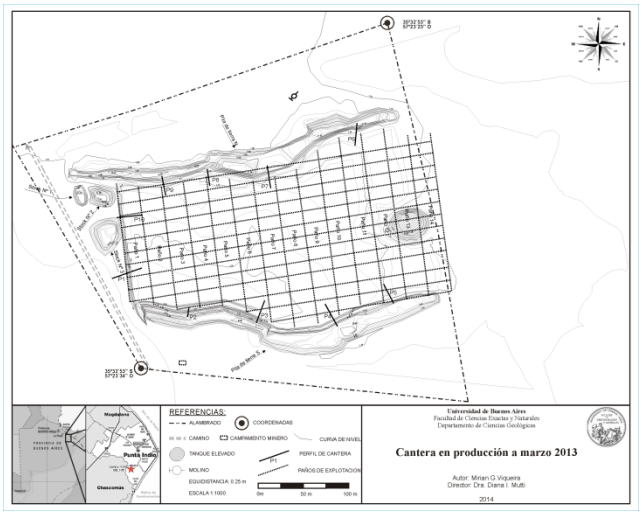


Figura I Cantera en producción a marzo 2013.Modificado a partir de CODIAMON SA (2004, 2009).

Como parte de la tercera y última etapa, se envió a analizar una muestra de suelo al Laboratorio de Suelos, Aguas y Sustratos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, del horizonte A. Se definió la granulometría, textura, proporción de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, conductividad eléctrica y pH de la muestra en cuestión, para poder determinar datos base sobre las propiedades físico-químicas de la capa superior del suelo en la zona, y evaluar su potencial productividad a los fines del impacto y la remediación. Del mismo modo se remitió una muestra de roca perteneciente a la Fm Puente de Pascua según Fucks *et.al.* (2010), al INTEMIN (Instituto de Tecnología Minera) perteneciente al Servicio Geológico Minero Argentino, para analizar densidad y absorción, con la intensión de elaborar una evaluación sobre el comportamiento del material de piso de cantera que quedará expuesto una vez comenzado el cierre de cantera.

Con el mapeo de detalle elaborado en el campo, se confeccionó la digitalización del mapa, que luego fue georeferenciado a través del programa Global Mapper 12.Esta tarea permitió generar un modelo en tres dimensiones de la cantera para definir volúmenes de tierra disponible acumulada en las pilas a lo largo de las bardas N y S. Del mismo modo se definió el volumen de material extraído, para conocer el volumen del hueco o cantera y con ello

saber cuánto material sería necesario para restaurar la topografía a su condición inicial y cuánto está disponible en la barda para tal fin; de modo tal de analizar el relleno total o parcial del hueco de la cantera.

Para completar los estudios de la roca desde el punto de vista textural-mineralógico y propiedades petrofísicas como la porosidad, se realizaron a partir de tres litotipos, cortes petrográficos. Durante esta tercera etapa se entrevistó al consejal de Pipinas y la coordinadora de la Cooperativa Pipinas Viva para apreciar aspectos sobre la percepción de referentes de la comunidad y acceder a información socio-cultural.

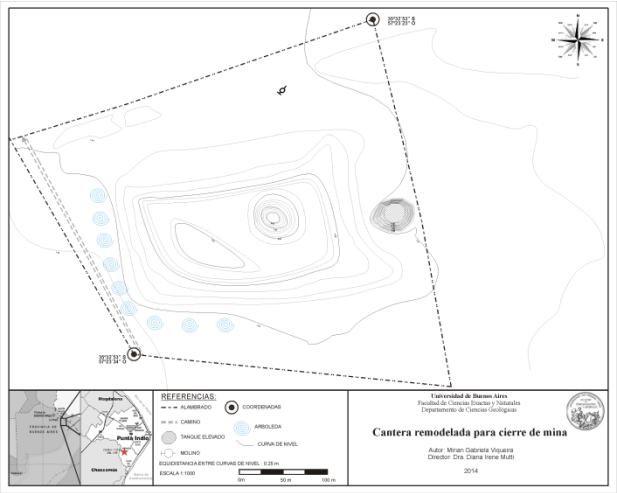


Figura II Cantera remodelada para cierre de mina. Elaboración propia.

Finalmente se generó un mapa de cantera remodelada para el cierre de mina (Figura II) y un modelo en tres dimensiones del relieve proyectado para el cierre.

Conclusiones

La naturalización del paisaje antrópico es la descripción de lo que ocurre, como en muchos espacios ocupados por el ser humano. A lo largo del análisis realizado se distinguieron como los principales impactos negativos la modificación del paisaje, y los cambios de hábitat y ecosistemas para la biodiversidad originaria de la zona de pastizales y humedales, característica de la Bahía de Samboronbón. Se observó que un factor a tener en cuenta en este tipo de explotación, es el de la rehabilitación conjunta como una forma de ahorrar costos y tiempo a la hora del abandono. Para ello en primer lugar se requiere de proyecciones concretas del potencial de explotación y desarrollo, de predicciones sobre el formato de la cantera y el diseño paisajístico que se desea obtener al finalizar los trabajos de extracción. Luego, a medida que la actividad avanza, en vez de utilizar *stocks* de tierra temporarios, se considera pertinente ejecutar por partes, el diseño antes mencionado evitando así el uso de maquinaria exclusiva para la remediación, prevención de la compactación de la tierra y disminución de la pérdida de nutrientes. A su vez este desarrollo genera la ventaja del monitoreo al mismo tiempo que se realiza la extracción en otro sector, de ser posible técnicamente, y se ahorraría tiempo para la reconversión.

También se aconseja en base a los análisis realizados y bibliografía (Jorba y Vallejo, 2008; Athor, 2009; Arturi, 1997) en materia de especies a utilizar, formas y tiempos de plantación, finalmente se promueve la utilización de compost urbano, en un trabajo conjunto con la comunidad tanto educativa como municipal, considerando este punto de mucha importancia, para la conservación del hábitat, generando a través de ello el valor agregado de un nuevo saber o experiencia conjunta entre la industria y los habitantes de los pueblos o ciudades.

Referencias

ATHOR J. (editor) 2009. Parque Costero del Sur: Naturaleza, conservación y patrimonio cultural. Fundación de Historia Natural, Fundación Felix de Azara. 528 pp. Buenos Aires.

ARTURI, M. F., 1997. Regeneración de Celtis tala en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales

CONESA FERNANDEZ VITORA, V., 1997. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Editorial Mundi-Prensa 3° edición. 800p.

CODIAMON S.A., 2009. Proyecto de factibilidad técnica. Inédito. pp. 1-20. Pipinas. Partido de Punta Indio. Provincia de Buenos Aires

CODIAMON S.A., 2004. Informe de impacto ambiental. Inédito. pp. 1-47. Pipinas. Partido de Punta Indio. Provincia de Buenos Aires

FIDALGO, F., De FRANCESCO, F.O. y COLADO, U.R., 1973a. Geología superficial de las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Provincia de Buenos Aires). 5° Congreso Geológico Argentino (Córdoba 1972), Actas 4: 27-39, Buenos Aires.

FIDALGO, F., COLADO, U.R. y De FRANCESCO, F.O., 1973b. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Provincia de Buenos Aires). 5º Congreso Geológico Argentino (Córdoba 1972), Actas 4: 225-240.

FUCKS, E. SCHNACK E. J., AGUIRRE M. L., 2010 Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67 (1): 27 - 39.

GOMEZ OREA, D., 1999. Evaluación del Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Mundi Prensa y Ed. Agrícola Española. 1-700. Madrid.

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1996. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Ed. Servicio de Publicaciones del ITGE, Ministerio de Industria y Energía, 1-327. Madrid.

JORBA, M. Y VALLEJO, R., 2008 La restauración ecológica de canteras: uncaso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. AEET. Ecosistemas 17 (3): 119-132. España. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp =577

TERZAGHI, K. PECK, R., 1973. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. editorial Ateneo. 722p. México.

TAVELLA, G. F., 2005. Cuenca del Salado. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires, Ed. de Barrio, R. E., Etcheverry, R. O., Caballé, Llambías, E. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino, Capítulo XXXI: pp. 459-472. La Plata.

VIOLANTE, R.A., G. PARKER Y J. CAVALLOTTO, 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56:51-66.

ZAMBRANO, J.J. 1980. Cuencas sedimentarias de la parte austral del continente sudamericano: esquema preliminar de su evolución a fines del Jurásico y principios del Cretácico. 2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología (Buenos Aires, 1978) 5: 15-39, Buenos Aires.

RECURSOS NO VIVOS DEL MAR ARGENTINO, SU POTENCIALIDAD Y EL ROL DE LA GEOÉTICA EN SU EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Roberto A. Violante

Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía. Montes de Oca 2124, Buenos Aires (C1270ABV).
GEVAS Red Argentina Asociación civil. Sección Argentina
IAPG (Asociación Internacional para la Promoción de la Geoética).
violante@hidro.gov.ar

Introducción

El Mar Argentino y la Zona Económica Exclusiva representan un extenso territorio de más de 1,5 millones de km^2, que se ampliará aún más tras la aprobación, por parte de la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, de la propuesta argentina de extensión de su límite exterior marítimo. Todo ese gran ámbito es muy rico en recursos vivos (pesqueros) y no vivos (minerales y energía). Entre los recursos minerales se destacan los hidrocarburos, nódulos y sulfuros polimetálicos, hidratos de gas y áridos. Por otra parte, las energías marinas prometen un gran futuro si alguna vez pueden ser convenientemente explotadas, como son la undimotriz (energía de olas), mareomotriz (mareas), térmica y osmótica (diferencias de temperatura y salinidad), corrientes marinas y eólica. A su vez, ese vasto territorio es propenso a ser afectado por numerosos factores de riesgo impulsados por diferentes amenazas, tanto antrópicas como naturales. El objetivo de esta contribución es realizar una breve reseña de los recursos en la región y sus potenciales amenazas, como un llamado de alerta a la comunidad científica para que ponga en práctica definitivamente los principios geoéticos en el manejo del riesgo. Esta es la única manera de llegar adecuadamente a la población y sus tomadores de decisiones a fin de concientizar sobre la problemática del mar, considerado el ámbito del cual la humanidad dependerá casi exclusivamente en el futuro cuando los recursos terrestres comiencen a escasear.

Recursos no vivos del Mar Argentino

Minerales: son considerados recursos no renovables, ya que una vez extraídos tardarán miles a millones de años en recuperarse. En el país, los hidrocarburos son los únicos que llevan años bajo exploración. De las diez cuencas petrolíferas marinas conocidas, ocho han sido en mayor o menor grado exploradas desde mediados del siglo XX. De los más de 150 pozos perforados en el mar, casi la mitad fueron en la Cuenca Austral -la única que demostró productividad-, teniendo además la Cuenca San Jorge Marina recursos comprobados, y la Cuenca de Malvinas evidencias promisorias. Es conocido el impacto que la industria petrolera puede causar en el mar y los estrictos requerimientos de control ambiental que ello implica, donde sin duda la aplicación de los principios geoéticos es fundamental. Por otra parte, en años recientes se ha comenzado a evaluar, a nivel internacional, el potencial recurso de petróleo y gas en depósitos arenosos sub-superficiales del talud continental, tanto en turbiditas (acumulaciones sedimentarias formadas por procesos gravitacionales en pendientes y cañones submarinos), como en contornitas (depósitos formados por corrientes de fondo). El Mar Argentino contiene uno de los sistemas contorníticos más extensos del planeta, lo que lo hace potencialmente importante en ese sentido, si bien su estudio con fines aplicados a los recursos aún no ha comenzado.

Otros potenciales recursos son los nódulos y sulfuros polimetálicos, hidratos de gas y gas biogénico, si bien sus reales posibilidades de explotación están siendo discutidas en el mundo. En el país, los nódulos polimetálicos son abundantes en el talud patagónico, aunque la factibilidad de su aprovechamiento está aún lejos de ser adecuadamente evaluada, considerando que para una explotación rentable la densidad de nódulos debe exceder 10 kg/m^2 con más del 2,5% de su peso en metales, aparte de las altas tecnologías que requiere su extracción. Respecto a los hidratos de metano y gas biogénico, hay numerosas evidencias de su existencia en el Mar Argentino, siendo el gas el mejor conocido por su presencia en el Río de la Plata, Bahía Blanca, Golfo San Matías y Canal de Beagle. Los hidratos de metano son considerados a nivel mundial como un recurso que podría duplicar las reservas actuales de petróleo, gas y carbón.

Los áridos (arena y canto rodado) son recursos muy utilizados en el mundo, y particularmente la arena –esencial para las industrias de la construcción, vidrio y electrónica, y como relleno de playas- está tan sobreexplotada que hay quienes auguran que después del agua será el recurso siguiente del planeta en entrar en crisis. La arena es muy abundante en la plataforma argentina, y sólo la plataforma bonaerense tiene una superficie de 170.000 km^2 con espesores de arenas de hasta 10-15 m, lo que representa un volumen de más de 2.000 km^3 de materiales potencialmente útiles para su explotación. Si bien la provisión de áridos en el país proviene hoy principalmente de depósitos fluviales, el recurso marino no deja de ser promisorio. Debe mencionarse que en las costas bonaerenses se recurre a la arena de playa y médanos como material de construcción local, sin evaluar las consecuencias ambientales y sociales de esa extracción.

La cercanía de las arenas de plataforma podría eventualmente paliar esta situación, aunque considerando la relación costo-beneficio en función de las tecnologías requeridas, así como el impacto en el medio. Aquí también, la geoética debe jugar un papel fundamental. Otro recurso son las concentraciones de minerales pesados en arenas costeras, como ocurre en algunas playas del país y que bajo determinadas condiciones de explotación podrían considerarse rentables.

Energías marinas: la generación de energía a partir de procesos marinos inagotables es una alternativa que el mundo empieza a evaluar. Los países de avanzada ya destinan recursos económicos a esos nuevos desafíos que prometen paliar los cada vez más escasos y depredados recursos energéticos del planeta. Japón, Francia, Reino Unido y Estados Unidos, entre otros, ya cuentan con grandes proyectos en la materia, aunque la mayor parte de estos están en etapa experimental con incertidumbres por sus altos costos e impacto ambiental.

Argentina tiene potenciales recursos energéticos marinos, aunque su implementación requiere de avances tecnológicos, inversiones y políticas ambientales que no son aun posibles de sostener. Los principales son: a) Energía undimotriz: es un recurso en áreas costeras y poco profundas con gran energía de olas, habiendo en el mundo varios países con proyectos avanzados en el tema. Se estima que la potencia latente de generación de energía es de 30 a 100 KW/día. El litoral argentino es promisorio por la presencia de olas con alturas promedio mayores a 1-1,25 m -considerado como el límite mínimo para la generación de energía eléctrica- e incluso duplicando ese valor en el sur patagónico. La Universidad Tecnológica Nacional tiene un proyecto en desarrollo para evaluar la transformación de energía de olas en energía eléctrica. b) Energía mareomotriz: se basa en la utilización de las mareas, tanto su movimiento vertical como el horizontal asociado a las corrientes de mareas. Es la fuente de energías marinas renovables más utilizada en el mundo, aunque todavía sin un desarrollo masivo. Constituye un recurso importante en zonas costeras con regímenes hipermareales, como son muchas costas patagónicas donde las mareas llegan a más de 12 m de desnivel. Algunos sitios reconocidos como aptos para generar este tipo de energía son Península Valdés y la costa sur de la Provincia de Santa Cruz. c) Corrientes marinas: es un recurso que en el mundo está en etapas muy preliminares de evaluación, calculándose que un 80% de la energía de las corrientes puede transformarse en energía eléctrica, generando al menos 30 KW. Las costas argentinas se caracterizan por fuertes corrientes que podrían eventualmente ser aprovechadas. d) Energías térmica y osmótica: también están en el mundo en etapas iniciales de implementación. En ambos casos se necesitan fuertes gradientes, como ser diferencias significativas de salinidad entre aguas dulces costeras y aguas marinas, o variaciones de temperatura de hasta 20°C entre masas de agua adyacentes. Se considera que en nuestro país podría ser un recurso energético importante. e) Energía eólica: la utilización de los vientos como generadores de energía en áreas marinas tiene varios años de desarrollo en el mundo, siendo el caso del Mar del Norte el más conocido, aunque sus impactos ambientales comienzan a ser revisados. Si bien el sector sur del Mar Argentino está particularmente beneficiado por fuertes vientos, su cercanía con la Patagonia -donde algunos parques eólicos ya están en funcionamiento- no favorecería su aprovechamiento, aunque el recurso existe y es muy promisorio.

Riesgos antrópicos y naturales

El riesgo antrópico está condicionado esencialmente por las características de las áreas costeras, cuyo desarrollo urbano, turístico, industrial y portuario ejerce fuerte presión en el mar adyacente, en muchos casos con escasa aplicación de los controles que deben cuidar el impacto en el ambiente y sus recursos. También la navegación puede ser un factor de riesgo por potenciales derrames de combustibles, limpieza de sentinas y desecho de contaminantes. Debe tenerse en cuenta que las corrientes oceánicas son capaces de dispersar cualquier tipo de elemento muy lejos de sus áreas de origen, por lo que, por ejemplo, un foco localizado de contaminación en una zona costera no asegura que su impacto no llegue a regiones lejanas. Por otra parte, la sobre-explotación y mal manejo de los recursos es un factor de riesgo que atenta contra el propio recurso que quiere ser evaluado y/o explotado. Todos estos impactos antrópicos requieren fuertes acciones desde la Geoética. En cuanto a las amenazas naturales en el Mar Argentino, están vinculadas esencialmente a la erosión costera (inducida muchas veces por impacto antrópico) y procesos en zonas profundas como deslizamientos submarinos, y -particularmente en el Arco de Scotia- movimientos sísmicos y erupciones volcánicas submarinas que son naturales disparadores de tsunamis, los cuales bajo determinadas condiciones podrían afectar regiones costeras.

El rol de la Geoética

Ante la perspectiva que enfrenta el país en relación a la utilización de sus recursos marinos a futuro, considerando la extensión del área bajo soberanía que resultará de la aprobación de la propuesta a Naciones Unidas, la comunidad científica, además de aportar sus conocimientos en investigación, desarrollo y tecnología, no puede dejar de ejercer su rol de comunicador sobre los riesgos asociados, aplicando y transmitiendo los principios geoéticos que garantizarán que las tecnologías a utilizar sean compatibles con la preservación del ambiente y resguardo de los impactos sociales. Para ello es imprescindible adquirir la capacidad (no siempre puesta en práctica) de transferir de la manera más adecuada a la sociedad, los sistemas educativos, estamentos políticos y tomadores de decisiones, el conocimiento sobre riesgo

geológico, cambios geoambientales, georecursos y energía. Sólo de esta manera comprometida con la Geoética se logrará un uso sustentable del ambiente marino y sus recursos, regulando el consumo y adecuando los métodos de producción, que contemple la protección ambiental y los impactos en la sociedad.

EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LAS VOLADURAS

Guillermo Torres Morales; Raúl Marcelo Fara Blasco; Verónica Gil Costa; Andrea Giubergia;
Héctor Maximiliano Amaya y Carolina Castro Grissi
Universidad Nacional de San Luis-Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales-Dpto. de Minería
castrogrissicarolina@gmail.com

En una voladura los objetivos son fragmentar la roca en tamaños adecuados, desplazarla formando una pila para que sea transportada con facilidad, minimizar el daño a bancos y paredes, así como a edificaciones contiguas, evitar la dilución del mineral proporcionando un producto que satisfaga las operaciones de los procesos posteriores.

Desde una perspectiva eminentemente productiva el éxito o fracaso de una voladura depende en gran medida del cumplimiento de dos objetivos fundamentales:

- La optimización de la fragmentación
- Minimización del daño.

El cumplimiento de ambos objetivos representa una condición necesaria, pero no suficiente para el éxito de una voladura, ya que en muchos casos el resultado está condicionado a la percepción socio ambiental del impacto de la voladura por parte de la población aledaña a las actividades mineras.

Para dar cumplimiento a los objetivos antes mencionados y en especial el citado en el último párrafo debemos determinar y calcular ciertos parámetros de voladura que hacen al diseño del banco. Algunos de ellos son invariables como los correspondientes a las características físicas de la roca: densidad, dureza, grado de fisuramiento, coeficientes de resistencia a deformación y rotura, etc.; y otros son variables, es decir que podemos modificarlos a voluntad, de acuerdo a las necesidades reales del trabajo y condiciones del terreno. Estos parámetros controlables se pueden agrupar en:

a. Geométricos: altura, ancho y largo del banco, talud, cara libre.
b. De perforación: diámetro y longitud del taladro, malla.
c. De carga: densidad, columna explosiva, longitud de taco, características físico-químicas del explosivo.
d. De tiempo: tiempos de retardo entre taladros, secuencia de salidas de los disparos.

Estos últimos estrechamente relacionados unos con otros, con correcta elección de estas variables de diseño obtendremos como resultado una voladura que cumpla los requerimientos de fragmentación, dispersión, proyección, minimizando las afecciones en el entorno los cuales pueden tener los siguientes caracteres:

- Vibraciones terrestres
- Onda aérea
- Proyecciones

Es importante señalar en este punto que no toda la energía de la voladura se consume en forma productiva fragmentando y desplazando la roca. Una fracción de esta energía escapa a la zona inmediata alrededor de la voladura. Esta energía se propaga a través de cientos de metros afectando a comunas e instalaciones aledañas. Esta energía no productiva se ve materializada en:

- Energía de vibración del suelo
- Energía de vibración del aire
- Proyecciones

La vibración del suelo está dada por movimientos de tipo ondulatorio que se dan a través del terreno con una velocidad de propagación dada y que dependen de cada tipo de macizo, el cual se verá afectado por las tensiones dinámicas que la onda transporta.

La vibración en el aire llamada onda aérea, es la onda de presión que va asociada a la detonación de una carga explosiva, mientras que el ruido es la parte audible e infrasónica del espectro, desde 30Hz a 20Hz. Las ondas aéreas son vibraciones en el aire de baja frecuencia, con valores generalmente por debajo de los 20Hz. La combinación de las vibraciones asociadas a estas fuentes da lugar a un frente móvil de sobrepresión del aire que desplaza desde el punto de la voladura. Como el aire es compresible, absorbe parte de la energía de la onda de presión para liberarla posteriormente mediante la expansión de esos gases calientes, causando una depresión en dichos puntos.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores es necesario lograr controlar el flujo de esta energía para poder mantener un equilibrio entre el desempeño de la operación y el buen comportamiento cívico de la empresa minera.

La obtención de los datos de medición tanto de vibraciones como onda aérea, se realiza por medio de equipos con micrófonos que miden ondas de presión en el aire y geófonos que miden velocidad de las partículas que componen el terreno perturbadas por la vibración ocasionada por la detonación. Los datos obtenidos se procesan mediante programas que se adaptan a los equipos mencionados, según sus requerimientos y los parámetros captados por estos.

A través de las operaciones de perforación y voladura se puede lograr este equilibrio mediante el control de la cantidad de energía por unidad de tiempo mediante la elección de:

Una malla de perforación adecuada (distancia a la cara libre y espaciamiento entre barrenos), diámetro del barreno, tipo de explosivo, retacado, secuencia de salida, retardos, dirección de iniciación, altura del banco, orientación de la cara libre, atendiendo además a aspectos del medio ambiente (climatológicos) vientos, nubosidad y humedad.

La no predicción de los resultados esperados o bien la falta de información sobre los medios con los que se está trabajando, así como la falta de rigor en alguna de las actividades de la explotación pueden generar graves incidentes, o incluso accidentes que pueden afectar a las instalaciones, edificaciones, o incluso a las personas, involucradas o no en el proceso minero. Por esto, es necesario llevar a cabo mediciones en cada una de las voladuras realizadas, para su control.

Referencias

López Jimeno, C., 2017. Manual de Perforación y Voladura de Rocas. ITGM. Madrid.
Hustrulid, William Blasting Principles for open pit mining. 1999. USA
Dr. Konya J. Calvin, Ing. Albarrán, Enrique. 1998 Diseño de Voladuras. México.

PATRÓN DE MICRO DISTRIBUCIÓN DE CTENOMYS TALARUM EN SU ROL COMO BIOINDICADOR EN UN PASIVO DE EXPLOTACIÓN DE ARENAS EN DUNAS COSTERAS

Bernardo Daniel Taverna[1, 2]; Julio Luis Del Río[2] y Daniel Antenucci[3]
[1]*Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires (CIC-PBA)*
[2] *Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario – CICPBA, Universidad Nacional de Mar del Plata*
[3]*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – CONICET, Universidad Nacional de Mar del Plata*
bdtaverna@hotmail.com

Los áridos representan uno de los materiales más importantes para el desarrollo del hombre. Entre ellos la arena representa uno de los más explotados debido a su utilización en la construcción (Ayala Caicedo *et al*., 1996). En la provincia de Buenos Aires la extracción de arena se realiza principalmente en dos zonas, la zona del delta del Paraná y el cordón medanoso costero que se extiende por toda la Costa Atlántica de la provincia, con una extensión de 600 Km (Caballe *et al*, 2005).

Los principales receptores del recurso extraído de las dunas costeras son aquellas localidades que se encuentran en la Costa Atlántica. Actualmente se pueden contabilizar alrededor de 40 localidades que van desde ciudades hasta pequeñas villas costeras. Todas estas localidades han visto un aumento de su población que ha significado un aumento del consumo del recurso arena para la construcción de viviendas (del Río *et al.*, 2017).

Sin embargo el proceso de extracción de este recurso ejerce un profundo impacto sobre la geomorfología y la comunidad biótica de estos ecosistemas. Sobre estos últimos se desarrollan comunidades bióticas complejas con profundas interacciones, originadas por el desarrollo de distintas especies vegetales y animales. Estas comunidades se ensamblan de forma característica, asociadas con la geomorfología del ambiente, que propicia y al mismo tiempo limita el desarrollo de las poblaciones. De este modo, alteraciones de este tipo pueden repercutir ampliamente sobre el normal desarrollo del ecosistema y modificar su dinámica ecológica.

De esta manera, y ante la posible alteración de la zona sometida a la actividad, es que se vuelve primordial establecer un manejo sustentable de la actividad de extracción de modo de poder disponer del recurso de una manera eficiente que contemple la recuperación de los ambientes impactados y la disponibilidad de recursos para generaciones futuras (Acosta Sariego, 2006).

Una manera de aportar conocimiento para la sustentabilidad de la minería de áridos es el monitoreo de la actividad de un organismo específico, considerado un bioindicador. Los bioindicadores son organismos que tienen un profundo nivel de asociación con el ambiente en el que se desarrollan y que pueden dar cuenta de las modificaciones que se dan en el ambiente sean naturales o antrópicas. Por este motivo, la utilización de un bioindicador es una herramienta de preponderancia a la hora de evaluar la sustentabilidad de una actividad.

Los roedores caviomorfos del genero *Ctenomys*, son los roedores fosoriales mas representados en América del Sur. Habitan galerías cerradas que corren paralelas al suelo. Estas especies son consideradas ingenieros ecosistémicos debido a que la arena que excavan se extrae de la cueva siendo depositada en un montículo en la boca de la cueva, este efecto reciclador de sedimento en el suelo favorece la circulación de nutrientes en el suelo y a su vez facilita la plantación y posterior germinación de plantas (Hansell, 1993). En particular la especie *Ctenomys talarum* se desarrolla en la zona de médanos costeros de Buenos Aires.

Debido a la relevancia de la especie en el ambiente y a que el ambiente dunicola representa gran parte de su habitat, *Ctenomys talarum* se establece como un potencial bioindicador de amplia relevancia para el estudio del impacto de la actividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el patrón de distribución de la especie *Ctenomys talarum* sobre un área de pasivos de explotación de extracción de arena de un emprendimiento ubicado en el partido de Gral. Madariaga.

El área de estudio de este trabajo se encuentra ubicada en la Arenera Querandí a 2 Km de la ruta provincial interbalnearia 11 y a la altura del km 429 de la mencionada ruta. En este sector se identificaron 5 sectores de estudio 4 correspondientes a pasivos de explotación con un tiempo de desuso progresivo. Estos sectores se identificaron como 2006, 2007, 2009 y 2011, en base el año en el que el área fue establecida en desuso. El quinto sector corresponde con un área prístina que no fue impactada, ubicada en el centro de estos pasivos de explotación, con la intención de que funcione como amortiguador ambiental del impacto. Esta área fue denominada Conservación.

Se realizó un relevamiento in situ entre la primavera del 2016 y el invierno de 2017 para establecer los puntos donde se visualizaba actividad de la especie a lo largo de las distintas estaciones del año. Se consideró la presencia de actividad cuando se observaban montículos característicos de la excavación de estos organismos. Estos puntos fueron georreferenciados con GPS Garmin Etrex Vista.Los datos del GPS fueron descargados con un software específico de libre acceso y luego montados en el programa Google Earth para generar los mapas de distribución (Figuras 1 a 4).

En las figuras se puede observar que en las áreas correspondientes a los pasivos de explotación la distribución de la actividad de los individuos de la especie *C. talarum* es especialmente periférica y no se encuentra actividad en los sectores centrales de los mismos. Esta situación se registra en los sectores de explotación más elevados y que se encuentran en contacto con las pistas de laboreo antiguas del predio o con otras zonas naturales aledañas.

En la única zona donde se evidenció una distribución más uniforme fue en el sector Conservación que no sufrió impacto. Éste se encuentra más elevado que los demás sectores analizados.

El patrón de distribución de actividad de la especie analizada es consistente en todas las estaciones del año (Fig. 1 a 4), siendo independiente de las condiciones húmedas o secas del clima anual de la región. Esta situación es coherente con lo observado en el campo debido a que los sectores explotados presentan una modificación de su estructura donde se producen charcas temporales, situación que se puede corroborar por el cambio de fisonomía vegetal de pastizal a humedal evidenciado en el centro de los sectores de estudio. Ésta representa un anegamiento producido por la modificación de la capacidad de percolación del área impactada, lo que produce que el agua de superficie demore en infiltrarse en el suelo. Por otra parte la presencia de un paleosuelo de características arcillosas a cota 8 msnm dificulta aún más la percolación del agua.

Al ser *C. talarum* una especie excavadora, que desarrolla sus cuevas a aproximadamente unos 30 cm (Antinuchi y Busch, 1992) del suelo es claro que en lugares que temporalmente se encuentran anegados, no pueda desarrollar su actividad fosorial. Por lo tanto se refugia en sectores elevados del área que le ofrecen las condiciones adecuadas para su desarrollo. Es de destacar como positivo que los individuos de la especie no han quedado complemente excluidos del área a raíz de la actividad, pero el nivel hasta el cual puedan desarrollarse estos individuos deberá ser evaluado con futuros estudios.

Figura 1 Distribución de actividad de Invierno

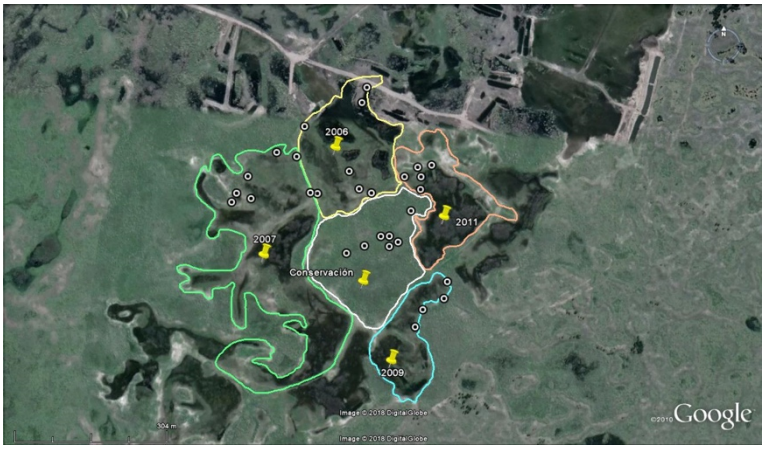


Figura 2 Distribución de actividad de Otoño

Figura 3 Distribución de Actividad de Primavera

Figura 4 Distribución de Actividad de Verano

Referencias

ACOSTA SARIEGO, J. R., 2006. Bioética Global Sustentable como tendencia en América Latina y el Caribe. *Revista Latinoamericana de Bioética, 6 (11),* 88 – 117.

ANTINUCHI, C.D. Y BUSCH, C., 1992Burrow structure in the subterranean rodent *Ctenomys talarum*. Z. Saeugetierkd. 57: 163– 168.

AYALA CAICEDO, F.J., VALDILLO FERNÁNDEZ, L., LÓPEZ JIMENO C., ARAMBURU MAQUA M.P., ESCRIBANO BOMBIN M., ESCRIBANO BOMBIN R., 1996. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, Madrid

CABALLÉ M., D. GANUZA, N. CORIALE Y BRAVO ALMONACID M., 2005. Recursos areneros en el delta del paraná y litoral atlántico. En: De Barrio R. E., R.O Etcheverry, M. F. Caballé y E. Llambías (Edit): Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata, 2005. Cap. XXVIII: 435–440.

DEL RÍO, J. L.; PIANTANIDA, F.; ANTENUCCI, D.; MOLINA, H. D.; CICCINO, A.; DENISIENIA, N.; MARTÍNEZ, G. A.; TAVERNA, B. D.; FARENGA, M.; Y LUPO, S., 2017. Huella geomorfológica de actividades mineras en las dunas de la barrera oriental de la costa atlántica bonaerense: relación con otras actividades. III Congreso Argentino de Áridos. 15 al 17 de noviembre de 2017.

HANSELL, M. H., 1993. The ecological impact of animal nests and burrows. Functional Ecology 7:5-12.

PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO FREÁTICO EN LA LOCALIDAD BALNEARIA DE MONTE HERMOSO (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Andrés Ruffo[1,2], Daniela Lafont[1,3], Micaela Carbajo[1,2], René Albouy[1,3] y Claudio Lexow[1,3]

[1] Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253 - Cuerpo B´. Piso 2º (8000) Bahía Blanca.
[2]CONICET. CCT Bahía Blanca. Camino La Carrindanga Km 7 (8000) Bahía Blanca.
[3]CGAMA-CIC-UNS. San Juan 670 (8000) Bahía Blanca
andresgruffo@hotmail.com

La localidad de Monte Hermoso, cabecera del partido homónimo, se ubica en la costa sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). Este balneario se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad turística, en consecuencia, una mayor demanda de agua durante la temporada estival. Su población estable de 6.494 habitantes (INDEC, 2010), se ve incrementada hasta unas 10 veces durante los meses de verano (Di Martino, 2014).

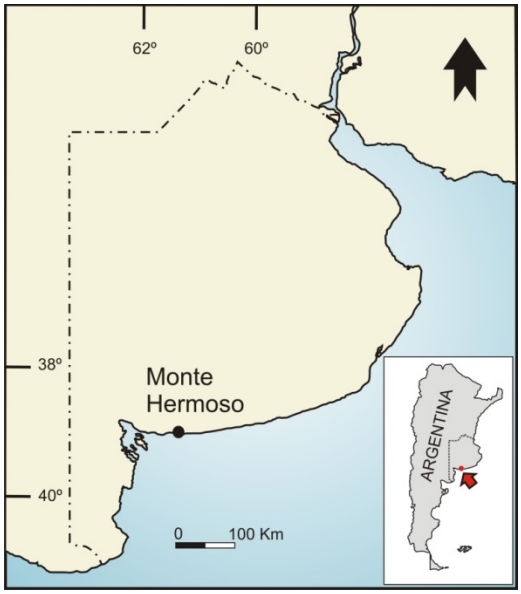


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Al igual que otros centros turísticos de la costa atlántica, posee como única fuente de abastecimiento para consumo humano, el acuífero freático alojado en los médanos costeros. Éstos, presentan intercalaciones de arenas finas a medias, niveles ricos en conchillas, brechas y finas capas de arcillas. Dichos sedimentos se emplazan sobre la Formación Monte Hermoso (Zavala y Navarro, 1993), la cual forma parte de los conocidos "sedimentos pampeanos" y actúa como hidroapoyo del sistema.

En la cadena de médanos, se reconocen dos flujos de agua subterránea; uno local somero, que responde a controles geomorfológicos, con domos de flujos divergentes produciendo su descarga tanto en el sector de interduna como en el costero, y uno más profundo, regional, que descarga en el mar.

El acuífero freático presenta una calidad química excepcional, con aguas dulces y aptas para consumo humano. Por tal motivo, es de fundamental importancia contar con un inventario de las actividades desarrolladas en la localidad, y en su área de influencia, que puedan afectar al recurso hídrico subterráneo poniendo en riesgo su sustentabilidad, tanto en términos de calidad como cantidad.

Lexow *et al.* (2016) identificaron como amenazas antrópico-contaminantes: el basural a cielo abierto (RS), las lagunas de estabilización de los efluentes cloacales (LE), el sistema de saneamiento público (UCC), los sectores con sistema de saneamiento in situ (USC), las estaciones de servicio (ES) y los posibles derrames accidentales. Los índices de carga contaminante (ICC) calculados muestran que los mayores valores estarían relacionados con el basural a cielo abierto y los sectores carentes de servicios cloacales.

En el presente estudio se determinó el peligro de contaminación del acuífero, a partir de la interacción entre la vulnerabilidad y los diferentes índices de carga contaminante citados anteriormente. Cabe recordar que la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es el conjunto de características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante (Foster, 1987).

Los niveles freáticos censados en el área presentan variaciones coincidentes con los rasgos topográficos, encontrándose, en general, a profundidades menores a los 5 mbbp. Utilizando la metodología GOD (Foster, 1987;

Foster e Hirata, 1988) se obtuvo para todo el área de estudio (zona urbana, basural a cielo abierto, lagunas de estabilización) una vulnerabilidad del acuífero "alta".

A partir de los ICC y la vulnerabilidad determinada, el Peligro de Contaminación del acuífero freático de la localidad balnearia de Monte Hermoso clasifica como "Alto" (Tabla 1).

PELIGRO		Vulnerabilidad				
		Ínfima	Baja	Moderada	Alta	Extrema
ICC	Reducido	MB	MB	B	M	A
	Moderado	MB	B	M	A	A
	Elevado	B	M	A	A	E

UCC USC LE
RSa RSb ES

MB: muy bajo; B: bajo; M: moderado; A: alto; E: extremo.
RSa: NO_3 basural, RSb: metales pesados basural

Tabla1: Peligro de Contaminación del acuífero freático

Un acuífero puede presentar zonas más vulnerables que otras. Son precisamente las zonas más vulnerables aquellas que interesa identificar para controlar el desarrollo de actividades que puedan resultar potencialmente contaminantes. El consumo de agua no potable y la falta, o fallas, en el servicio de saneamiento urbano constituyen causas principales de enfermedades que impactan negativamente en la salud de la población.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se pone de manifiesto la necesidad de la localidad balnearia de contar con un plan integral de gestión de sus recursos hídricos subterráneos, que pueda anticipar conflictos y minimizar impactos negativos a terceros y al ambiente.

REFERENCIAS

DI MARTINO, C., 2014. Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, República Argentina. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. UTN FRBB. 138 p y Anexos.

FOSTER, S., 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy.Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information No. 38 of the *International Conference held in the Netherlands, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.*

FOSTER, S. e HIRATA, R., 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru.81 pp.

INDEC, 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Disponible en: https://www.indec.gob.ar/

LEXOW, C., DI MARTINO, C., LAFONT D., ALBOUY R. y MARCOS, A. 2016. Caracterización de la carga contaminante al acuífero freático - fuente de abastecimiento de la localidad de Monte Hermoso. *IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Catamarca, Argentina.*

ZAVALA, C. y NAVARRO, E., 1993. Depósitos fluviales en la Formación Monte Hermoso (Plioceno inferior-medio). Provincia de Buenos Aires. *XII congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*.

VARIACIONES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA MINERALOGÍA MAGNÉTICA DE SEDIMENTOS DEL DIQUE LOS SAUCES, PCIA. DE LA RIOJA.

Mabel Mena[1,2], Ana M. Combina[1], Facundo Heredia[1], Cinthia Vallejos[1]
[1] *Geología - Universidad Nacional de La Rioja.*
[2] *IGEBA (Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires)-UBA-CONICET.*
mabelmena@gmail.com

Se presentan los resultados de estudios de magnetismo ambiental realizados en el Dique Los Sauces, (Departamento Sanagasta, Provincia de La Rioja). Los mismos se efectuaron sobre sedimentos sumergidos y de perilago emergido ubicados alrededor del dique, muestrados en épocas secas y húmedas de los años 2015, 2016 y 2017. El lago del dique es un espejo de agua de 153 ha, rodeado de áreas de recreación, ubicado a 15 km de la ciudad de La Rioja, a la cual le provee el 42% del agua de consumo. Está alimentado por un cauce principal: el río Grande y cauces menores intermitentes.

La problemática ambiental del área se relaciona con la marcada estacionalidad de lluvias (estivales) y con la presencia en la cuenca de rocas que pueden aportar metales pesados y alumbre. La escasa recarga y la alta carga de nutrientes provocan la eutrofisación del medio. Muchos veranos estas condiciones llevan a la proliferación de cianobacterias, lo que implica alto consumo de oxigeno, cambio de color en el agua con emanaciones de olor desagradable y mortandad de peces.

El empleo de susceptibilidad magnética como proxy potencialmente útil para medir nivel de contaminación por actividad industrial y urbana en sedimentos fluviales, lacustres y marinos está actualmente bien documentada (Thompson y Oldfield, 1986; Evans y Heller, 2003). La susceptibilidad magnética másica (χ) es la relación, por unidad de masa, entre la magnetización inducida y la intensidad del campo magnetizante. La χ de los sedimentos depende del tipo de minerales presentes, en especial de aquellos con propiedades ferromagnéticas *sensu lato*, de la cantidad absoluta de cada uno de ellos, de las distintas proporciones entre las especies minerales y de la forma y tamaño de grano en que aparecen. Pero además de la susceptibilidad, el empleo de métodos de magnetismo de rocas permite reconocer la presencia y concentraciones relativas de diferentes fracciones magnéticas que suelen estar altamente correlacionadas con las condiciones ambientales.

Si bien las partículas magnéticas presentes en un sedimento pueden ser detríticas, debido a la alta reactividad química y biológica del Fe, los minerales magnéticos también pueden crearse in situ, por procesos químicos que con frecuencia son biológicamente inducidos. Como esta mineralogía magnética está condicionada por el ambiente de deposición, los cambios en las condiciones ambientales pueden verse reflejados en cambios en los parámetros magnéticos de los sedimentos. De esta manera el magnetismo ambiental es un método sensible y de bajo costo que puede emplearse como "proxy" para el monitoreo de problemas ambientales. Es de notar que generalmente el monitoreo de metales pesados y otros contaminante en agua se hace a partir de estudios geoquímicos. El alto costo de estos estudios lleva a qué a veces sólo pueda disponerse de una serie de pocos datos puntuales, lo que hace que todo mapeo sea muy inexacto. Por el contrario los estudios de propiedades magnéticas son mucho más económicos y algunos pueden hacerse en muy corto tiempo y abarcando grandes áreas, lo que hace que cada vez sean más empleados en análisis ambientales.

En el estudio que se presenta se emplearon 60 sitios de muestreo ubicados con GPS, que se repitieron en cada año. En algunos sitios se extrajeron muestras de fondo y de perilago. El muestreo de sedimentos de fondo se realizó por trampa de arrastre y para los sedimentos expuestos se empleó un muestreo por pala. Se realizó la caracterización textural de los sedimentos del perilago en sus fases emergidas y sumergidas, bajo acción de olaje, mediante la determinación granulométrica de la fracción clástica por tamizado en seco. Se encontró un dominio de fracciones arenosas y gravosas subordinadas, que denotan un estilo de transporte tractivo. La granulometría refleja la influencia de la dinámica de los sistemas sedimentarios lóticos en el cuerpo receptor advirtiendo de manera temprana el problema de su inminente entarquinamiento.

Los estudios magnéticos comprendieron mediciones de susceptibilidad magnética másica χ , de su variación con el campo y con la frecuencia aplicados y estudios de adquisición de remanencia magnética isotérmica (IRM) en 35 etapas hasta alcanzar 1Tesla.

Los valores más altos de χ se ubican en la margen oeste del lago y los más bajos en la zona del delta que forma el río grande en la cabecera de l dique, siendo intermedios en la margen este del lago. Esta distribución de χ responde a la litología del aporte sedimentario: mientras en la margen este afloran rocas del basamento granitoide, en la oeste afloran sedimentitas grises de la Fm. Libertad y, en menor medida, sedimentitas rojas de la Fm. Sauces, la que también aflora en la margen sur. Estas unidades sedimentarias aportan mayor cantidad de minerales de Fe a los detritos que las rocas de basamento.

El análisis de las curvas de adquisición de IRM permitió definir intervalos de coercitividad de las diferentes fases magnéticas presentes. Éstas coercitividades magnéticas indican la presencia de hematita, goethita y magnetita en concentraciones variables en los diferentes sitios. Es notoria la presencia en todas las muestras de una fase magnética con coercitividad media típica de magnetita biogenética. La presencia de hematita es máxima donde el aporte principal proviene de la Fm. Sauces. Los parámetros magnéticos definidos permiten visualizar las diferencias intra sitios entre zonas sumergidas y emergidas y entre niveles superficiales y anóxicos. Dentro de cada sitio, las χ

mayores aparecen en la zona de perilago reductora o en los sedimentos sumergidos. En sedimentos de fondo se registraron valores de viscosidad magnética y variación de χ con la frecuencia, indicativos de magnetita superparamagnética formada por precipitación química. A pesar de la alta concentración de hematita en las rocas aflorantes en la zona, la mineralogía magnética de los sedimentos está dominada por magnetita biogenética (y posiblemente greigita) de origen bacterial.

No se encontraron diferencias de susceptibilidad significativas atribuibles a variaciones estacionales pero sí se registraron variaciones en la mineralogía magnética relacionadas a épocas de mayor o menor intensidad de lluvias.

Referencias

Evans, M.E. y F. Heller, 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications od Enviromagnetics. Academic Press. Elsevier. 299pp.
Thompson R. y F. Oldfield , 1986. Environmental magnetism. Allen & Unwin (Publishers) Ltd, London, 225pp.

VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD EN UN BALNEARIO PÚBLICO

Ivana Silvia Maero
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de San Luis. Campus universitario Ruta Provincial Nº 55 (Extremo norte), Tel. 02657- 531000 interno 7021. Villa Mercedes (5730) San Luis. Argentina
ismaero@unsl.edu.ar

El agua de río posee un número importante de componentes ya sea de origen natural como de la influencia antrópica, principalmente a través de vertidos de aguas efluentes industriales y de aguas de tormenta; que limitan su uso para actividades de recreación y turísticas. Las zonas destinadas a balnearios deberían cumplir con los requisitos de calidad de las aguas de uso recreativo que la reglamentación vigente establece.

El uso de índices permite realizar una evaluación integral de la calidad del agua y conocer el nivel de riesgo sanitario que representa para tomar las decisiones de control que garanticen agua segura para la salud humana. El área de estudio se ubica en las coordenadas 33°41´52.5" S 065°28´25.5"W, se observa un sector del embalse de Villa Mercedes en la figura 1 y una vista del balneario público y el punto de toma de muestra en la figura 2.

Figura 1. Vista del Embalse de Villa Mercedes

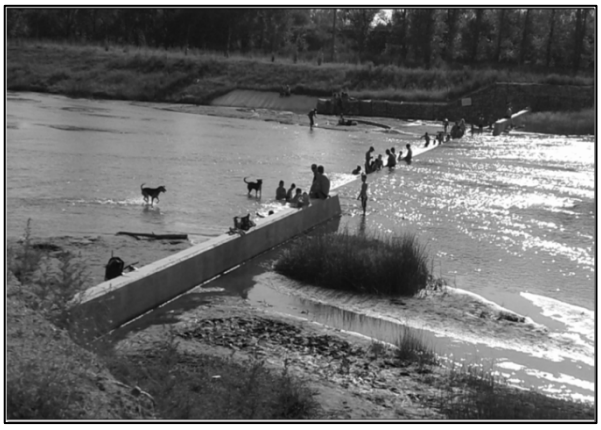


Figura 2. Vista del balneario público y punto de toma de muestras

El objetivo de este trabajo es calcular el índice de calidad del agua para el mes de febrero, que es el último mes del año que está habilitado para que los visitantes que asisten al balneario. Se emplea el índice de Calidad de Agua "Water Quality Index"(WQI) que se desarrolló en 1970 por la National Sanitation Fundation (NSF) de Estados Unidos, siguiendo la metodología de cálculo que proponen la Universidad de Pamplona (2016) y Patricia Torres et. al. (2009). Se presentan los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos completos, correspondientes al mes de febrero de 2017. Los nueve parámetros determinados in situ con equipo de laboratorio portátil son oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), temperatura (T) y turbidez. Los análisis de demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales ó termotolerantes, se realizan en los laboratorios físico-químico y microbiológico de una Institución Nacional. Se utiliza una correlación empírica para establecer el valor actual de DBO, a partir de los datos obtenidos en muestreos anteriores en 7 puntos diferentes del río Quinto donde se analizaron los valores de DBO y DQO en cada uno de ellos.

Para la toma de muestras para análisis físico-químicos se utilizaron envases de tereftalato de polietileno (PET) de tamaños diferentes, unos de 2 litros de capacidad para enviar al laboratorio y otros de 500 centímetros cúbicos para las mediciones in situ; para las muestras destinadas a los análisis microbiológicos se emplearon envases de polietileno de alta densidad (PAD) estériles de 120 ml. Los equipos portátiles usados son Xplorer GLX Pasco scientific PS-2002, Pasport PS-2169 waterquality sensor Pasco Scientific, Turbidimeter PS-2122 Pasco Scientific, Conductivity DD9-699-06621 Pasco Scientific 10X, Sensor de temperatura Pasco Scientific, Medidor de pH, Pasco Scientificelectrode FF9-699-195, Dissolved Oxygen Pasco Scientific FF9-213, 699-06320, Flowrate Pasco Scientific PS-2130, GPS marca Garmin modelo e Trex 10 y medidor de temperatura ambiente.

La metodología empleada para la determinación de coliformes fecales o termotolerantes siguió la norma ISO 9308-2, Calidad del agua. Recuento de Escherichia coli y bacterias coliformes. Parte 2: Método del número más probable. Para la determinación de DQO el método usado es Oxidación a reflujo con dicromato; para los Sólidos Totales se emplea el método Gravimétrico mientras que para la valoración de Nitratos el método es SM 4500 NO_3^- - B. Ultravioleta selectivo, Edición 20ª. El método AOAC 22042:1980, límite de cuantificación 0,02 mg/l se emplea para la cuantificación de los Fosfatos.

$$\boldsymbol{WQI = 52.29}$$

Para calcular el índice se usa un promedio aritmético ponderado con la ecuación: $WQI = \sum_{i=1}^{n} SI_i\, W_i$, siendo:

WQI: Índice de calidad del agua. W_i : Factor de ponderación para el subíndice i. SI_i : Subíndice del parámetro i.

Los valores correspondientes al mes de febrero de 2017 se muestran en la Tabla 1

Parámetro	Resultado	Q-valor (SI_i)	Factor de Ponderación (W_i)	Subtotal
Oxígeno disuelto (mg/l)	4	40	0,17	6,8
Cambio de Temperatura (°C)	4,9	73	0,10	7,3
pH	9,5	33	0,11	3,63
Sólidos Totales (mg/l)	581	20	0,07	1,4
Turbidez (NTU)	9,8	78	0,08	6,24
DBO_5 (mgO_2/l)	112	2	0,11	0,22
Coliformes fecales (NMP/100ml)	9.3×10^1	45	0,16	7,2
Nitratos (mg/l)	1,5	95	0,10	9,5
Fosfatos (mg/l)	<0,02	100	0,10	10

Tabla 1. Parámetros físico-químicos y biológicos correspondientes a febrero 2017.

De acuerdo con la metodología seguida, se puede clasificar el recurso como de mediana calidad para el mes de febrero en que finaliza la temporada de uso del balneario público. De acuerdo con el valor del índice de calidad obtenido, no es aconsejable la inmersión. Dada la gran afluencia de visitantes, se piensa en contribuir con estudios de esta naturaleza al conocimiento del recurso y aportar una herramienta a los responsables de la administración para que el uso recreativo se realice sin riesgos para la salud humana.

Referencias

TORRES P., Cruz C. y PATIÑO P., 2009. Índices de Calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Revista Ingenierías - Universidad de Medellín. Una revisión crítica, vol. 8(15): 79-94 - ISSN 1692-3324 - Medellín, Colombia.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA., 2016. Capítulo III. Índices de Calidad y de Contaminación para el agua deimportanciamundial.www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home.../icatest_capitulo3.pdf

HIDALGO M., MEONI G., BARRIONUEVO M., NAVARRO G., PAZ R. 2003. Variabilidad de la relación DBO/DQO en ríos de Tucumán Argentina. 13º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, 1-11.

RECUPERACIÓN Y REHABILITACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS. EL CASO DE LA CANTERA H.C. DE LA PROVINCIA DE SAN LUIS, ARGENTINA.

Rubén Lijteroff [1], Gisela Borgatello [2] y Ramiro Zamudio[1]
[1]*Universidad Nacional de San Luis.*
[2]*IMASL Conicet.*
ruben@consultoraig.com

Los requisitos legales para los emprendimientos mineros, hacen que en muchos casos, deban ser cerrados y el ambiente restaurado. El presente caso de estudio se desprende de un requerimiento del Ministerio de Medio Ambiente Campo y Producción de la provincia de San Luis, sobre una cantera que se denominará como H.C., por quejas de vecinos de una urbanización en su margen Sur y por considerarse un área de riesgo. Al momento de realizado el presente trabajo (2017), la cantera se encuentra en estado de inactividad total, por clausura.

El presente trabajo, muestra la situación de la cantera teniendo en cuenta las características del paisaje, la litología, la geomorfología, la dinámica fluvial, la vegetación autóctona y el encuadre social, en el impacto actual que generan las actividades extractivas realizadas y la respuesta del medio. Se evalúan las características geotécnicas de cada sector de la cantera y se analizan las condiciones de estabilidad. Se observaron actividades extractivas en tres niveles pudiéndose diferenciar claramente un nivel inferior al Oeste, un nivel medio y un nivel superior al Este. Los taludes, son, en su mayoría, verticales (90°) a sub verticales y en sectores hasta invertidos (ángulo superior a 90°), las alturas de los taludes varían desde los 4 m hasta los 23 m.

El objetivo del trabajo fue proponer un plan de cierre viable, contemplando todas las posibilidades de remediación posibles. Se pone especial énfasis, en el estudio de los taludes, para proyectar su remodelación a una forma más estable y duradera en el tiempo, para descartar riesgos de derrumbes y lograr un aspecto armónico con el paisaje circundante.

Materiales y Métodos

La cantera, se encuentra emplazada en la provincia de San Luis, entre La Capital y la ciudad de La Punta, en el faldeo Occidental de las Sierra de San Luis. Dista, aproximadamente a 7 km al Norte de la Capital y a 5,5 km al Sur de la ciudad de La Punta. Desde la ciudad, se accede por Ruta Provincial N°3, “Autopista 25 de Mayo”, con sentido hacia al Norte, hasta el km 7, quedando la zona de interés hacia el Este. Las coordenadas Gauss Krüger POSGAR 94 de su ingreso son: X: 6.325.005; Y: 3.472.616. La cantera linda, en su extremo Sur, con un barrio residencial que dista a muy pocos metros del límite de la propiedad.

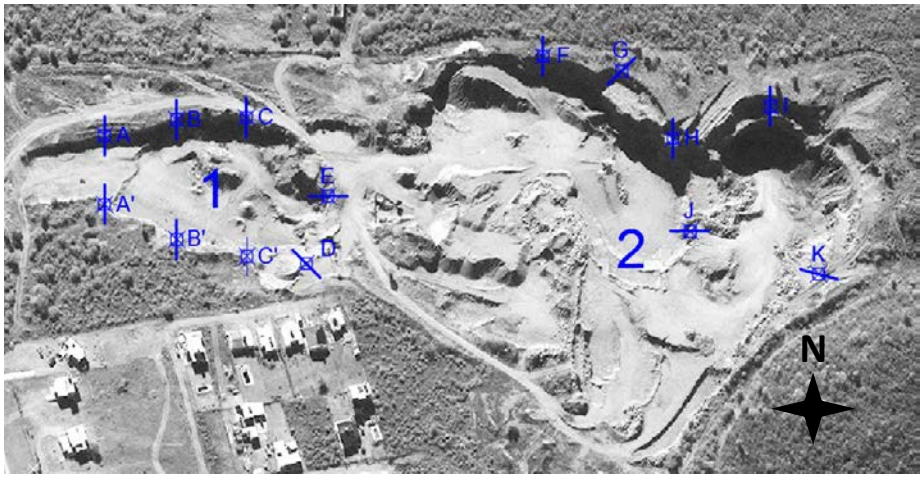


Figura 1. Cantera H.C. Imagen satelital 05/2017. Sectores de cantera y taludes estudiados.

Se realizó el estudio de riesgo hídrico basado en la Resolución Nº 644 S.L.A.S.E.-2011 de Procedimiento de Cálculo para Líneas de Ribera y Zonas de Riesgo Hídrico.

Se realizó el relevamiento de 11 taludes y con los parámetros definidos, se hicieron los análisis de estabilidad. En cada caso se hizo una simulación de la situación actual, una propuesta para mejorar su estabilidad y luego se indica en perfil el método para su remodelado, teniendo en cuenta las dimensiones

de los equipos disponibles en la minera. El software utilizado es Slide 7.0 de la firma Rocscience y los métodos de cálculo aplicados en las simulaciones son de equilibrio límite, Bishop simplificado, Jambu simplificado y Spencer, los dos primeros para roturas de tipo circular y el tercero para cualquier tipo de falla. Las condiciones de estabilidad están expresadas en términos de un factor de seguridad:

$$F_{(s} = M_r/M_0).$$

Resultados

Riesgo hídrico: la zona de la cantera H.C., no pertenece ni a la ribera, ni a las planicies de inundación de los cauces analizados. Las microcuencas estudiadas, se caracterizan por presentar un diseño dendrítico ramificado como un árbol, obsérvese que las ramas tributarias confluyen con los ríos del orden inmediato inferior con un mismo ángulo aproximadamente, esta forma, indica que los materiales superficiales son relativamente homogéneos. Debido a que los cauces no son permanentes, el sustrato es muy permeable, y la zona analizada se encuentra en la zona de recarga, a poca distancia de la divisoria de agua, no se acumula demasiada agua pluvial en los cursos, descartando que esta área tena riesgo de inundabilidad. La zona baja de la micro cuenca Sur, podría influir en la urbanización existente durante una lluvia torrencial. Pero ese no es un riesgo evaluado en este estudio.

Estabilidad de taludes: toda el área, corresponde a la parte proximal de un abanico aluvial. En toda la cantera, se observan secuencias sedimentarias psefíticas con diferentes grados de evolución diagenética (eogenetica), en ocasiones con un proceso diagenético secundario, donde los sedimentos quedan litificados, por la precipitación de un cemento carbonatico. Los ángulos observados en los taludes excavados varían entre 70° y 90° y en algunos sectores se presentan invertidos por socavación de algún estrato más débil. El sector 1 (ver figuara) tiene un nivel y presenta taludes de hasta 15m de altura, en el sector 2 hay dos niveles y taludes hasta los 23m, los taludes más altos y verticales se encuentran en el sector Norte de la cantera, en la imagen anterior son los que generan la sombra.

Discusión y conclusiones.

El plan de cierre y recuperación, considera las acciones a realizar garantizando su estabilidad desde los puntos de vista geológicos y geo mecánicos, así como también la posibilidad de re establecer el paisaje de la manera más armónica posible. Las etapas propuestas son: cierre del perímetro en particular con la nueva zona urbanizada, desmantelamiento de instalaciones fijas, desviación de causes, relleno y estabilización de taludes en sectores Este y Oeste, cierre definitivo de la cantera y monitoreo post cierre.

La zona baja de la micro cuenca Sur, podría influir en la urbanización existente durante una lluvia torrencial. Pero ese no es un riesgo evaluado en este estudio. La zona de la cantera Hilario Cuadros no es inundable. Es importante que se conserven los cursos de agua naturales.

En todos los casos se propone descargar y disminuir los ángulos de talud, retirando material de la cabecera y rellenando las bases. La única compactación que tendrán los rellenos será por la rodadura de los equipos que se utilizarán en los trabajos de remodelación, orugas en caso de excavadora y neumáticos en pala frontal. El remodelado de los taludes generará grandes superficies expuestas a la erosión hídrica. Se deberá minimizar el ingreso de las escorrentías a los taludes ya remediados, esto para que las corrientes de agua no arrastren el material de la superficie del terreno y genere surcos y cárcavas. El curso de agua más influyente es el de la micro cuenca Sur, el mismo se contendrá acondicionando y reforzando la berma del sector Este sobre el talud K, direccionando el agua hacia el Sur. Se propone asegurar la canalización del tramo Sur con un revestimiento de hormigón, en el sector donde bordea al cerco que divide la propiedad de la cantera HC con la urbanización.

Se estima que con el paso del tiempo las especies herbáceas y arbustivas del lugar irán ganando terreno. En primera instancia se desarrollarán las composiciones florísticas de los estratos bajos, que con sus raíces darán más resistencia a la erosión, fijarán el suelo y generan las condiciones para el crecimiento de las otras especies de mayor altura. No se consideró la introducir especies exóticas, se pretende generar las condiciones para la revegetación natural, a pesar de que sea un proceso muy lento.

Periódicamente se deberá inspeccionar el estado de las canalizaciones y la evolución general del lugar restaurado, si es necesario se harán trabajos de mantenimiento y correcciones donde sea necesario. Luego del cierre definitivo, se presentarán informes durante un año, a la autoridad de aplicación donde se exprese la evolución de los trabajos realizados.

El plan de cierre y restauración fue aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente Campo y Producción del Gobierno de la provincia de San Luis y se encuentra en etapa de ejecución.

MINERALES ASBESTIFORMES EN PASIVOS MINEROS DE TALCO, EN EL ÁREA DEL CORDON DEL PEÑASCO, MENDOZA

Lescano Leticia[1*], Marfil Silvina[1], Sfragulla Jorge[2], Bonalumi Aldo[2], Maiza Pedro[1]

1 Dpto. de Geología. UNS. San Juan 670. (8000) Bahía Blanca-CGAMA-CIC.
2 Secretaría de Minería (Provincia de Córdoba). Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba.
** leticia.lescano@uns.edu.ar.*

En la Precordillera y Cordillera Frontal (provincias de Mendoza y San Juan) existen depósitos de talco de calidad y dimensiones variables. Esta característica y el desarrollo minero ha posicionado a la provincia de Mendoza como la máxima productora de talco a nivel nacional (80%-90%), con 125 yacimientos y minas ubicados en la faja de rocas básicas y ultrabásicas, con reservas que superan el millón de toneladas (Fallet y Zanoni, 1999). En algunos yacimientos de talco, la presencia de asbestos condiciona la explotación comercial debido a su peligrosidad (Van Gosen *et al*. 2004) tanto para los operarios como para los usuarios de estos materiales.

Los minerales con morfologías asbestiformes son distintas variedades de anfíboles (crocidolita, amosita, tremolita, actinolita, antofilita) y crisotilo (variedad de serpentina) (OSHA, 1992). La Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO) y la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency - EPA) de EEUU consideran que las fibras de anfíboles asbestiformes son carcinógenas y que la exposición durante un período de tiempo, desarrollan enfermedades pulmonares malignas (ATSDR 2001). Si bien Ross *et al.* (1993) concluyeron que no todas las formas de asbestos son nocivas para la salud, los anfíboles son los más agresivos al organismo debido a su menor solubilidad en los fluidos corporales ya que no pueden ser eliminados fácilmente del cuerpo (van Oss *et al*., 1999). En Argentina, a partir del año 2000, según resoluciones del Ministerio de Salud (Rodríguez, 2004), se prohibió la producción, importación, comercialización y uso de fibras de asbestos, variedades anfíboles, crisotilo y productos que los contengan. La peligrosidad de estos minerales se incrementa a medida que las fibras desarrollan longitudes mayores a 5 micrones (con mayor incidencia en las ≥10 μm) y diámetros menores a ~1,5 μm (con mayor incidencia en las <0,4 μm). Estos valores corresponden al límite superior del tamaño de fibra que podría inhalarse y penetrar en las vías respiratorias en humanos. Si bien a nivel internacional el tamaño de fibras asbestiformes debe presentar estos valores para ser consideradas nocivas, en Argentina el criterio adoptado se basa en los límites estipulados por la WHO (1986) para el rango de partículas respirables ($l > 5$ μm, $l/d \geq 3:1$ y $d < 3$ μm). Teniendo en cuenta esta prohibición y la potencial presencia de morfologías asbestiformes en menas de talco, es importante realizar estudios mineralógicos – morfológicos, en afloramientos y escombreras. La mayoría de las exploraciones y explotaciones en las que los minerales asbestiformes participan de la mineralogía y fueron perturbados por el laboreo minero, dejan un pasivo ambiental que progresivamente incrementa su peligrosidad debido a la acción de los procesos exógenos por lo que deberían tomarse los recaudos para remediarlos.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados del relevamiento de un pasivo minero a cielo abierto "Maruja" ubicado entre el Cordón del Peñasco y el norte de la Pampa de las Cortaderitas en proximidades del Cerro Pozo". Se trata de labores pequeñas y poco profundas, en general exploratorias, para la prospección/extracción de talco y minerales asociados. Los minerales y rocas movilizados se encuentran expuestos a procesos exógenos y a la degradación pudiendo liberarse por erosión partículas asbestiformes nocivas para la salud.

Para el estudio petrográfico-mineralógico se utilizó un microscopio petrográfico Leica DM750P. Los minerales fibrosos se separaron en forma manual utilizando un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT. Para el análisis por difractometría de rayos X (DRX) se utilizó un difractómetro Rigaku D-Max III - C con radiación de Cu Kα y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA. La caracterización morfológica se realizó con un microscopio óptico y electrónico de barrido (MEB), modelo Carl Zeiss EVO ma100, sobre muestras metalizadas con oro. Se midieron las fibras, y se analizó el ancho versus el largo.

En la provincia de Mendoza, los yacimientos de talco han sido objeto de laboreo minero, algunos de ellos de cierta magnitud, como las explotaciones del distrito minero San Pablo (próximo a la localidad de Tupungato), del Arroyo Barranquero en Uspallata, constituyendo las manifestaciones más septentrionales las de la Estancia Yalguaraz, límite entre Mendoza y San Juan. En las Sierras de Pie de Palo, y en el distritito minero Salamanca (Lescano *et al.*, 2013), existen reportes de minerales asbestiformes cancerígenos en relaves mineros.

En el Cordón del Peñasco, en la sierra de las Cortaderas, la faja de rocas máficas y ultramáficas se compone de piroxenitas, peridotitas, granulitas, gabros y microgabros, diabasas, plagiogranitos y anfibolitas (Davis *et al*,. 1999, Gerbi *et al*., 2002, Boedo *et al*., 2012). Estas litologías se encuentran intensamente serpentinizadas, están localmente esteatizadas, cloritizadas, epidotizadas y carbonatizadas. La rocas ultramáficas serpentinizadas forman una faja estrecha en sentido E-O, con un gran desarrollo N-S desde el rincón del río Diamante, al sur de Mendoza, hasta la provincia de Catarmarca.

Dentro de esta faja de afloramientos de rocas ultrabásicas, con rumbo NE-SO, se encuentra la mina La Judita, que fue estudiada en un trabajo previo, en la que se determinó crisotilo en venillas dentro de las rocas serpentiniticas. Estos afloramientos son irregulares, con tendencia a lenticular, de dimensiones relativamente pequeñas (Lescano *et al*. 2017). Hacia el SO, en las inmediaciones del Cerro Pozo, se encuentra una labor denominada Maruja (32°13´04"-69°07´39,3"), objeto de estudio en el presente trabajo, que consiste en un trinchera

de 0,80 metros, con una profundidad de 1 a 1,3 m y una longitud de 120 m. Los cuerpos ígneos afloran en forma saltuaria, tienen dirección N-S y cubren un área de 1,5 Km E-O por 4 a 5 Km N-S. Están constituidos por serpentinitas, de grano fino, homogéneas, color gris verdoso, en las que se destacan venillas discordantes de minerales fibrosos, por lo general milimétricas. La roca de caja de estos cuerpos es un esquisto de bajo grado principalmente clorítico de rumbo N20/30. El proceso de serpentinización es muy intenso, la roca está carbonatizada y afectada por procesos tectónicos. Se recolectaron nueve muestras del esquisto talcoso, de la serpentinita y de las venillas.

Al microscopio, se reconoce que la serpentinita se desarrolla en concordancia con la esquistosidad de las metamorfitas de la roca de caja. El esquisto clorítico tiene sectores carbonatizados, con movilización del hierro dando lugar al desarrollo hematita y goethita. Se conservan lentes constituidos por serpentina (principalmente antigorita) y relictos del protolito ultrabásico original. La antigorita se dispone sin orientación, el tamaño de los cristales oscila en los 100 µm, el hábito cristalino es tabular y la extinción paralela. Dentro de la serpentinita se reconocen venillas de un mineral fibroso, que por sus características ópticas se determinó como crisotilo. Frecuentemente está vinculado con cuarzo fino de textura sacaroide. El hábito es asbestiforme, acicular, en paquetes de cristales paralelos que se desagregan de las venillas en fibras individuales de dimensiones variables (50 a 90 µm de largo por 5 µm de ancho) (Fig. 1a), valores que se encuentran en el rango respirable. Aproximándose a la zona donde el cuerpo ultrabásico es más visible, se determinó un área donde se concentran minerales fibrosos, deleznables, asociados con talco. Además, se observaron cristales aciculares, distribuidos al azar, de un anfíbol de la serie tremolita-actinolita. Alcanzan longitudes de 500 µm y un ancho no mayor a los 8 µm (Fig. 1b). Éstos presentan características morfológicas nocivas para la salud, relacionadas con el tamaño y hábito. Sin embargo, se observaron sectores en los que los anfíboles están intercrecidos con talco, aunque su morfología mayormente es prismática y tabular. Si bien el hábito no es estrictamente asbestiforme, Oyarzun *et al.* (2009), consideran que los relaves mineros con actinolita, serían potencialmente dañinos, peligrosos para la salud humana (en el rango respirable) aunque su morfología original no presente un hábito acicular. El mismo material analizado en su forma natural, no triturado ni meteorizado, sería calificado como no-asbestiforme.

De lo estudios realizados se concluye que en los pasivos ambientales de mina Maruja coexisten dos variedades de minerales con características asbestiformes: crisotilo y anfíboles (tremolita-actinolita). Estos últimos también presentan hábito prismático – tabular no asbestiformes.

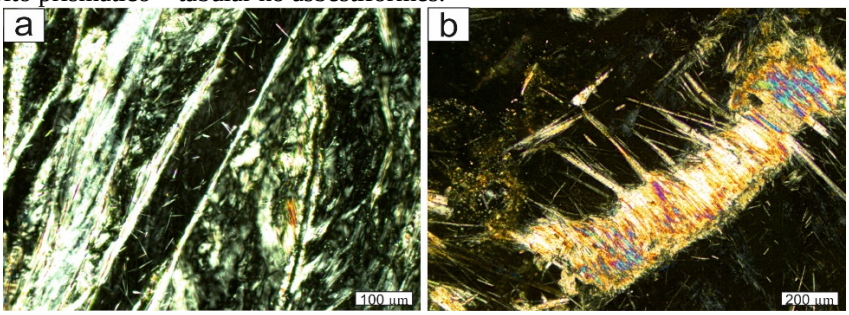


Figura 1. a: Fibras de crisotilo. b: Fibras de anfíboles.

REFERENCIAS

ATSDR (Agency for toxic substances and disease control), 2001. Toxicological profile for asbestos. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, GA. 327 pp.

BOEDO, F.L, VUJOVICH, G.I., BARREDO, S.P. 2012. Caracterización de rocas ultramáficas, máficas y metasedimentarias del Cordón del Peñasco, Precordillera Occidental, Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69(2): 275-286.

DAVIS, J., ROESKE, S., MCCLELLAND, W. Y SNEE, L., 1999. Closing an ocean between the Precordillera terrane and Chilenia: Early Devonian ophiolite emplacement and deformation in the southwest Precordillera. En V.A. Ramos & J.D. Keppie (eds.), Laurentia-Gondwana Connection before Pangea. Geological Society of America Special Publication. 336: 115-138.

FALLET, J.A. Y ZANONI, E., 1999. Yacimientos de talco en Mendoza. En E.O. Zapettini (ed.) Recursos minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales del SEGEMAR. Anales 35: 715-720.

GERBI, C., ROESKE, S.M. Y DAVIS, J.S., 2002. Geology and structural history of the southwestern Precordillera margin, northern Mendoza Province, Argentina. Journal of South American Earth Sciences 14: 821-835.

LESCANO, L., LOCATI, F., MARFIL, S., SFRAGULLA J., BONALUMI A. Y MAIZA P., 2017. Estudios mineralógicos de la mina de talco La Judita, Yalguaraz, provincia de Mendoza. XX Congreso Geológico Argentino. San Miguel de Tucumán: 53-55.

LESCANO, L., MARFIL, S. Y MAIZA, P., 2013. Análisis morfológico de anfíboles en menas de talco de la provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 70 (3): 413 – 421.

OSHA, 1992. Occupational exposure to asbestos, tremolite, anthophyllite and actinolite. US. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Federal Register. 57: 24310-24331.

Oyarzun R., Lillo J., Oyarzun J., Maturana H., Canu, C. y Andreani, S. 2009. Restrictive definition of asbestos and the assessment of potential health hazards: insights from Northern Chile. International Geology Review: 1-9.

RODRIGUEZ, E., 2004. Asbestos Banned in Argentina. Int. J. Occup. Environ. Health. 10: 202-208.

ROSS, M., NOLAN, R., LANGER, A., COOPER, W., 1993. Health effects of mineral dusts other than asbestos. En G.D.Guthrie & B.T. Mossman (eds.) Health Effects of Mineral Dusts. Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America. Washington DC. 28: 361-407.

VAN OSS, C., NAIM, J., COSTANZO, R., GIESE, R., WU W, J.R. Y SORLING, A., 1999. Impact of different asbestos species and other mineral particles on pulmonary pathogenesis. Clays and Clay Minerals 47 (6): 697-707.

VAN GOSEN, B.S., LOWERS, H.A., SUTLEY, S.J. Y GENT, C.A., 2004. Using the geologic setting of talc deposits as an indicator of amphibole asbestos content. Environmental Geology 45 (7): 920-939.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1986. Asbestos and other natural mineral fi-bres. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Geneva. Environmental Health Criteria 53, 194 pp.

GEOMORFOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE CANTERAS DE ÁRIDOS EN LA LLANURA ORIENTAL DE CÓRDOBA, IMPACTOS SOBRE RELIEVE Y VEGETACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN

Guillermo José Fernández[1], Lilyán del Valle Mansilla[2] y Pablo Pastoriza[2]
[1]*Gobierno de la Provincia de Córdoba. Secretaría de Ambiente y Cambio Climático (S.A. y C.C.).*
Comisión Técnica Interdisciplinaria.
geolfernandez@gmail.com
[2]*Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*
Cátedra de Geomorfología y Cátedra Ambiente Físico.
lmansilla@unc.edu.ar – pastorizapablo@yahoo.com.ar

La restauración de la cubierta vegetal en canteras, con especial énfasis en la vegetación leñosa nativa es uno de los objetivos de la gestión ambiental provincial para la actividad minera. Un segundo objetivo lo constituye la recuperación de formas del relieve semejantes a las geoformas naturales que caracterizan el sector afectado por la explotación. Ambos impactos se manifiestan en afectaciones al paisaje. En esta experiencia de análisis se han seleccionado cuatro canteras de áridos, éstas conforman la principal categoría de la actividad (S.A. y C.C., 2018).

Un aspecto de singular importancia es que las explotaciones mineras constituyen una excepción para la ley de bosques de la Provincia de Córdoba (Ley 9814), debido a que en su Artículo 37, se puede aplicar por el carácter transitorio del cambio de uso del suelo, y una vez terminado el proceso minero, debe volver a constituirse un ecosistema forestal, con o sin aprovechamiento agro-silvo-pastoril.

Parte del presente trabajo se desarrolló en el marco de las Prácticas Profesionales Supervisadas de la Carrera de Geología de la Universidad Nacional de Córdoba, en el ámbito de la Comisión Técnica Interdisciplinaria de la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático del Gobierno de la Provincia de Córdoba.

Las canteras seleccionadas se localizan en la llanura pampeana cordobesa, en la subregión de la pampa loésica alta (Agencia Córdoba D.A.C. y T., 2003), en valles que atraviesan la subregión de oeste a este, Tabla 1.

La cubierta vegetal original de los sitios era de bosques de la Provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito del Algarrobo (Luti *et al*, 1979). Por acción de desmontes, acentuados desde la llegada del ferrocarril (Fernández, 2006), quedan escasos remanentes aislados principalmente en bordes de valles fluviales, por imposibilidad de "abrirlos" a la agricultura por sus elevadas pendientes, de modo que se presentan como bosques en galería, discontinuos.

	CANTERA	DEPARTAMENTO	LATITUD	LONGITUD
1-	Colombo	Colón	31° 26' 35.13"	64° 00' 03.20"
2-	Palmar	Capital	31° 23' 52.30"	64° 05' 58.95"
3-	Coqui	Río Segundo	31° 39' 59.82"	63° 55' 54.782"
4-	Áridos S.A.	Tercero Arriba	32° 09' 54.02"	64° 12' 05.82"

Tabla 1: Ubicación de las canteras

Las cuatro canteras analizadas corresponden a depósitos continentales cuaternarios, en general fluviales, de las formaciones Río Primero y Río La Granja, en algunos casos presentan contactos laterales y basales con loes de la formación General Paz (Gaido y Sapp, 2012 y 2013; Santa Cruz 1972 y 1979).

Las formas dominantes son típicas de la dinámica fluvial, valles con sistemas de terrazas, algunos bordes presentan erosión hídrica en surcos, cárcavas y barrancos, con procesos de deslizamientos en masa de material loésico. Los procesos geomorfológicos corresponden a meteorización química moderada, mecánica insignificante, acción eólica moderada y erosión hídrica máxima (Peltier, L., 1950, en Gutiérrez Elorza, 2001) y pertenecen a la región morfoclimática semiárida (Chorley et al., 1984, en Gutiérrez Elorza, op cit).

Se seleccionaron tres situaciones homólogas en las principales planicies fluviales de la llanura pampeana: río Primero o Suquía, río Segundo o Xanaes y río Tercero o Ctalamochita, en sectores localizados dentro de la faja fluvial de los respectivos sistemas, en cuencas con diferente grado de antropización de los fenómenos hidrológicos por regulaciones del caudal y un cuarto caso en el valle del río Suquía, fuera de la faja fluvial.

En las canteras seleccionadas se aplicaron metodologías de análisis de imágenes satelitales, y cartografía geomorfológica (Verstappen y van Zuidam, 1975), con corroboración de campo. Se identificaron a) los impactos de pérdidas de la cubierta vegetal, en particular de leñosas nativas, los procesos de recuperación de la cubierta vegetal leñosas por proceso de sucesión secundaria espontánea, y la necesidad de instrumentar medidas de remediación mediante planes de reforestación; b) los impactos sobre las formas del relieve, su recuperación por procesos morfodinámicos activos en el sector y la necesidad de remediar mediante técnicas de movimientos de suelo. En este resumen, por razones de espacio, se incluyen sólo los mapas de Cantera Coqui.

La Cantera Colombo solicitó dos sectores, uno tuvo actividad extractiva previa, en él la recuperación de la vegetación es incipiente, con una cubierta de matorral y cuerpos de agua freática aflorante por las extracciones, la recuperación de las formas del relieve están limitadas por la reducción del aporte de sedimentos por efectos de la regulación hidrológica del río Suquía en el embalse San Roque.

El caso de la Cantera Palmar, es el único que se encuentra fuera en la faja fluvial, en depósitos arcillo limosos del miembro inferior de la Formación Río Primero (Gaido y Sapp, 2012 y 2013; Santa Cruz, 1972 y 1979), presentaba una cubierta de bosque de algarrobos (*Prosopis sp.*), chañares (*Geoffroea decorticans*), talas (*Celtis ehrenbergiana*) y quebrachos blancos (*Aspidosperma quebracho-blanco*). Con capacidad de recuperación muy baja, sin la adecuada intervención para la restauración de cubierta forestal y geoformas.

Para la Cantera Coqui, resulta evidente en el análisis de imágenes satelitales, que la vegetación nativa (algarrobales a principios del Siglo XX) se recupera de modo espontáneo, a partir del cese de actividades antes de 2001 y hasta el año 2013, con un sector (30% de la superficie) con buena densidad de leñosas arbóreas, casi totalmente talas y espinillos (*Vachellia caven*), y un matorral con densa cubierta de herbáceas (40% de la superficie), debido principalmente a la proximidad del nivel freático, y a la dispersión espontánea de germoplasma por procesos que probablemente incluyen al aluvionamiento, y biodispersión por parte de herbívoros (Figura 1). Los relieves se han suavizado por acción de la erosión hídrica de escurrimientos locales. El río Xanaes, aledaño a la cantera, conserva una significativa capacidad de trasporte de sedimentos al no estar regularizado el subsistema del río Anisacate, tributario del Xanaes, que aporta el 32% del módulo de éste.

En el caso de la Cantera Áridos S.A., predomina una situación de terraza alta, no afectada por los desbordes actuales del sistema fluvial, fuertemente regularizado por una serie de diques. La fisonomía vegetal está dominada por bosque abierto de moradillos (*Schinus fasciculatus*) y talas (85% de la superficie), y matorral en el resto del polígono.

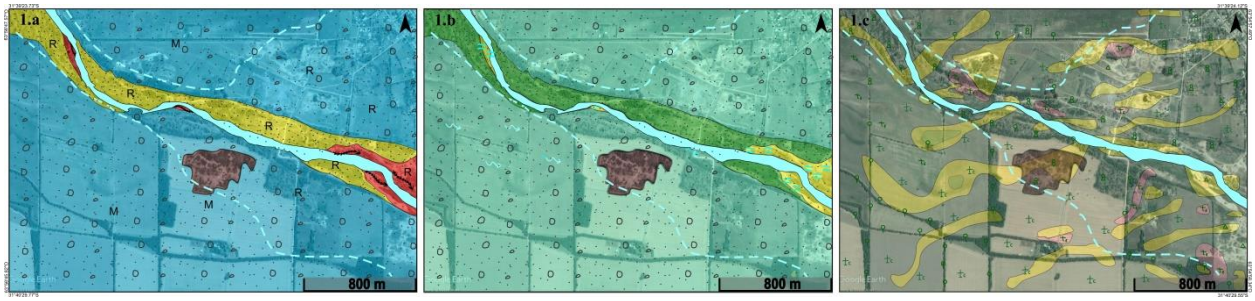


Figura 1: Mapas de Cantera Coqui.

Referencias **1.a) Geomorfológico:** Terrazas de acumulación fluvial, Terrazas jóvenes de erosión fluvial, Terrazas antiguas de erosión fluvial, **M** Mioceno, **R** Reciente, Erosión por una corriente. **1.b) Hidromorfológico:** Terrazas de acumulación fluvial (media permeabilidad), Terrazas jóvenes de erosión fluvial (alta permeabilidad), Terrazas antiguas de erosión fluvial (media permeabilidad). Escurrimiento Superficial, Inundación durante la creciente, **1.c) Morfoconservacional:** Clases de Pendiente 0-2°, 2-5°, 5-15°. Tipos de cobertura vegetal: Cultivos productivos (cereales), Cultivos susceptibles a erosión (cereales), Vegetación leñosa o de bosque, Estepa de arbustos o matorrales, Herbáceas. Litologías: Gravas y arenas de lecho de río, Conglomerado, brecha y arena, Arenas y conglomerados, Otro material aluvial. Lecho de río con agua, Lecho de río sin agua. Límite de cantera.

Los sitios localizados en terrazas bajas de las fajas fluviales, Canteras Colombo y Coqui, presentan mejores posibilidades de revegetación por procesos de sucesión secundaria espontánea, pero requieren un adecuado plan de seguimiento, manejo y refuerzo de los procesos naturales. La Cantera Áridos S. A. se localiza en la terraza alta, requiriendo acciones sistemáticas de restauración, que incluyen la reforestación y la clausura. La Cantera Palmar, se encuentra en un sector muy alejado del eje del sistema fluvial, por tal motivo debe recibir acciones más intensas de restauración, reforestación, clausura y riegos.

Se destacan los servicios de barrera y filtro que cumplen los bosques de ribera, que constituyen la mayoría de los relictos remanentes en la subregión de la llanura pampeana cordobesa, y en particular en la pampa loésica alta. Estos servicios redundan en una mejor calidad del ambiente fluvial, y del agua de los ríos, y se maximizan en función correlativa con la longitud de la continuidad del ecosistema forestal.

REFERENCIAS

Agencia Córdoba D.A.C. y T., 2003. Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba. Argentina.

Fernández, G.J., 2006. Estimación del Desmonte en Función de Producción Forestal en Córdoba a Principios del Siglo XX, 1as. Jornadas-Taller Nacionales de Protección y Manejo Sustentable del Bosque Nativo, La Paz, Entre Ríos. Argentina.

Gaido, M.F. y Sapp, M., 2012. Carta de Minerales Industriales, Rocas y Gemas de la República Argentina. 3163-III. Córdoba. Biblioteca SEGEMAR. 92 pp. Informe Inédito Córdoba. Argentina.

Gaido, M.F. y Sapp, M., 2013. Carta de Minerales Industriales, Rocas y Gemas de la República Argentina, 3363-I, Villa María, 1:250.000. Provincia de Córdoba. Biblioteca SEGEMAR. 63 pp. Informe Inédito. Córdoba. Argentina.

Ley 9814, de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba. Sancionada 05.AGO.2010

Luti, R. *et al*, 1979. Vegetación, en Geografía Física de la Prov. de Córdoba, Vázquez, J.B. *et al*., Córdoba, 297-368.

Gutiérrez Elorza, M., 2001. Geomorfología Climática.11-20. Omega. Barcelona. España.

Santa Cruz, J., 1972. Geología al Este de la Sierra Chica (Córdoba). Valle del Río Primero. Asociación Geológica de Córdoba Boletín 1: 102-109, Córdoba. Argentina.

Santa Cruz, J., 1979. Aspectos sedimentológicos de las formaciones aflorantes al Este de las Sierras Chicas. Provincia de Córdoba, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica de Córdoba 3: 232-244. Córdoba. Argentina.

S.A. y C.C., 2018. Estadísticas del Estudios de Impacto Ambiental de la Actividad Minera Período 2008-2018, Comisión Técnica Interdisciplinaria, Informe Inédito. Córdoba. Argentina.

Verstappen, H. Th. y van Zuidam, R.A., 1975. ITC *Textbook of Photo-Interpretation, 3rd. Edition, Enschede, The Netherlands.*

SANEAMIENTO DE PASIVOS AMBIENTALES, YACIMIENTO 25 DE MAYO-MEDANITO SE, LA PAMPA, ARGENTINA

Miguel Ángel Fantini; Lucas Nahuel Andiarena y Juan Cruz Rodríguez.
Subsecretaría de Ambiente.
fantini_miguel@yahoo.com.ar; lucasandiarena@gmail.com; cruzjuan_rod@hotmail.com

Introducción

El área de trabajo se localiza en el yacimiento 25 de Mayo-Medanito SE operado hasta el octubre del año 2017 por Petrobras Argentina S.A (Pampa Energía S.A) y desde noviembre de 2017 por la empresa Petroquímica Comodoro Rivadavia S.A.

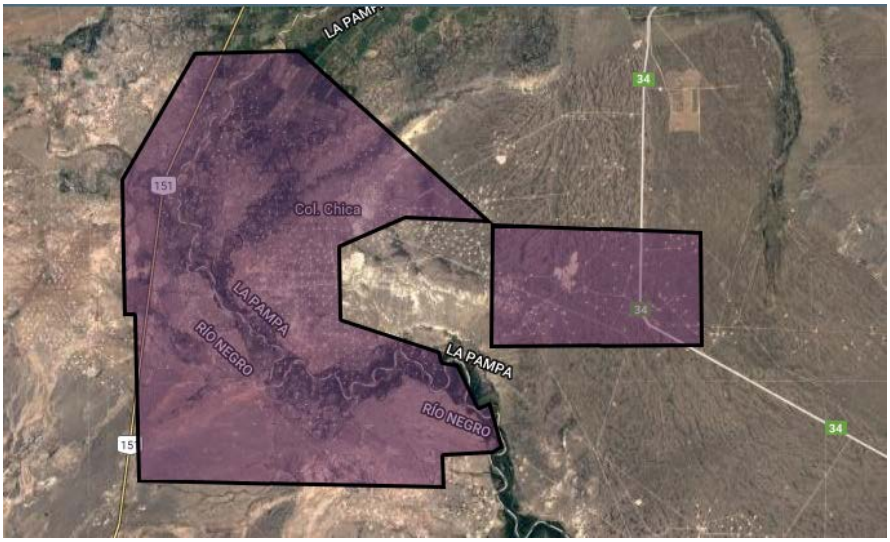


Figura 1: Imagen satelital del yacimiento 25 de mayo-Medanito S.E
Fuente: Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería. Gobierno de La Pampa

Abarca una superficie de 312 km^2 e integra la Cuenca Neuquina, que conforma una extensa área petrolera que comprende la provincia del Neuquén, sector occidental de La Pampa y Río Negro y la porción meridional de la provincia de Mendoza hasta aproximadamente los 34 grados de latitud sud. Los límites noreste y sudeste son de naturaleza cratónica y por el oeste lo da una estructura de arco volcánico.

En la actualidad la cuenca se halla moderadamente explorada, considerando la relación entre número de pozos perforados y superficie total.

El área 25 de Mayo Medanito S.E es el yacimiento más antiguo de la provincia. Se descubrió a principios de la década del sesenta, por lo que a lo largo de cinco décadas el área fue ampliando la cantidad de pozos perforados totalizando 724 (de los cuales 531 son activos, 111 inactivos, 83 abandonados y 89 en estudio), la instalación de diez baterías y una importante red de oleoductos y gasoductos.

Se pueden identificar tres aspectos ambientales que demandan acciones de remediación, ya sea por la magnitud del impacto o por los riesgos actuales o potenciales que tienen sobre el ambiente:

1) Los derrames de hidrocarburos antiguos que exceden los límites de las locaciones.

2) El Pasivo Ambiental que eventualmente presentarán las piletas no saneadas.

La ausencia de normativa ambiental que exigiera la implementación de sistemas de contención y monitoreo para el control de los contaminantes hasta avanzada la década de los noventa, se permitía el sistema de perforación mediante la locación húmeda (se disponían en piletas excavadas en los bordes de la locación los lodos y desechos de perforación, entre ellos hidrocarburos) y se los cubría con un espesor variable de suelo, sobre el que crecía la vegetación, dejando los pasivos ocultos de la vista, con la gravedad de que muchas de las piletas se localizan en los antiguos pozos que se perforaron próximos al río Colorado y respecto a los derrames que excedían las locaciones producidos por roturas en boca de pozo, líneas de conducción o instalaciones de almacenamiento no eran saneados, pasando a constituir pasivos ambientales al transcurrir el tiempo.

Objetivos

Identificar los pasivos ambientales generados por las actividades de perforación en el área 25 de Mayo-Medanito SE, productos de la industria petrolera, efectos o consecuencias ambientales, cuantificación, riesgos ecológicos, jerarquización en base a los aspectos del volumen, sensibilidad ambiental por proximidad al rio

Colorado o cercanías a comunidades, entre otros para proponer un plan de saneamiento, aplicando las tecnologías físicas químicas y biológicas asociadas, para el manejo y recuperación ambiental acorde al tipo de pasivo.

Metodología de trabajo

En el mes de marzo del año 2016 se inicia una auditoría conjunta efectuada por las Subsecretarías de Ambiente y de Hidrocarburo y Minería y el COIRCO para relevar el total de las instalaciones del yacimiento. De la misma surgió que más de 220 pozos presentan pasivos ambientales.

Con posterioridad los autores de este trabajo recorrieron las locaciones y sus inmediaciones para cuantificar el área afectada con pasivos (se usó un GPS marca Garmín etrex 20). determinando que la misma alcanza los 350.000 metros cuadrados (0,1% de la superficie total del área).

Se elaboró un Plan de Saneamiento donde se priorizaron las tareas a efectuar a corto, mediano y largo plazo, para lo que se seleccionaron la distancia del pozo al río Colorado, el riesgo ambiental y la complejidad técnica, porque sanear antiguas piletas o derrames a lo largo de líneas de conducción requiere el retiro de grandes cantidades de suelo.

Se solicitó a la empresa operadora (Petrobras Argentina S.A) que realizara un muestreo para determinar el contenido de distintos parámetros químicos exigidos por la normativa provincial (hidrocarburos totales de petróleo, hidrocarburos aromáticos, BTEX y metales pesados) y una caracterización de los sitios a sanear.

Luego de determinados los contenidos de los distintos contaminantes, la autoridad de aplicación planteó un cronograma de saneamiento, en el corto plazo se priorizaron las locaciones de muy alta y alta sensibilidad, que se encuentran a menos de 500 metros del río Colorado y a mediano plazo las locaciones de sensibilidad media, que se ubican entre 500 y 1500 metros del río Colorado y se incluyen un reducido número de locaciones que superan esa distancia pero que están afectadas por líneas de escurrimiento que se conectan con el río. Las tareas de saneamiento de pozos de alta a muy alta sensibilidad finalizaron en agosto de 2017, a partir de septiembre del mismo año hasta la fecha se encuentran saneando las locaciones de sensibilidad media.

Una vez retirados los suelos oleocontaminados se trasladan al sitio de remediación donde se tratan en biopilas (se optó por el tratamiento ex situ por lo complejo que resulta sanear in situ importantes volúmenes en el corto plazo, debido a que la empresa operadora asumió el compromiso de continuar con las tareas hasta junio del corriente año, pese a que no opera actualmente el yacimiento), luego se realiza el muestreo final del suelo del área saneada, y si los resultados de los análisis determinan que los parámetros químicos son normales, se aprueba el saneamiento y se exige rellenar y nivelar la misma.

Los suelos tratados en el sitio de remediación también son muestreados, si el contenido de hidrocarburos totales son inferiores al 2% p/p sobre masa seca requerido por el Decreto 298/06 y los valores de otras sustancias químicas asimilables a residuos peligrosos, cuyos niveles guía están determinados en el Anexo II del Decreto N° 2054 que aprueba la Reglamentación de la Ley Provincial N° 1466, son inferiores a los establecidos para suelos de uso industrial, se liberan para ser utilizados en el relleno de los sitios saneados.

Resultados

Se han aprobado las tareas de saneamiento de 126 locaciones (pozos y baterías), que abarcan una superficie de 280.000 metros cuadrados y un volumen de suelos extraídos de 151.830 metros cúbicos, no obstante la empresa se encuentra saneando otras 40 locaciones ubicadas en áreas de sensibilidad ambiental media.

Los suelos tratados y liberados en el recinto de remediación alcanzan los 60.000 metros cúbicos, aunque se estiman que restan unos 90.000 metros cúbicos acopiados en espera de tratamiento hasta su definitiva liberación.

Esta tarea trae aparejada una mejora en la calidad ambiental al extraerse pasivos con un riesgo potencial de contaminar el río Colorado o afectar a pobladores cercanos, aunque como aspecto negativo se incrementó el área deforestada, ya que al extraer los suelos se quita la vegetación autóctona, por lo que se considera en el Plan en el largo plazo comenzar a restaurar los sitios con vegetación, tarea que quedará a cargo de la actual operadora.

Figura 2: a) Cartel del sitio LP-475, b) tareas de saneamiento y c) muestreo final.

MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES MINERAS

Martín Buss Jacob, Vanina Basso y Martin Zunino
Subsecretaria de Hidrocarburos y Minería de La Pampa
Dirección de Minería, Gobierno de La Pampa
Falucho 792, Santa Rosa, La Pampa, CP 6300
martineste@gmail.com; martinzunino9@gmail.com; vbasso@lapampa.gob.ar; cristianbuss78@yahoo.com.ar

La minería en la provincia de la Pampa es una actividad que se destaca por la explotación de sal común y la producción de áridos de uso vial como tosca, ripio y canto rodado, arenas y gravas, cuyo impulso se ha dado principalmente por el desarrollo de vías de comunicación, el empuje de la obra pública y la demanda desde el sector petrolero, para la construcción de obras de superficie.

Como toda actividad productiva, la minería genera un impacto en el ambiente donde se desarrolla. Para conocer en detalle las características de estos impactos en nuestra provincia, la Subsecretaria de Hidrocarburos y Minería ejecutó durante el año 2017 el "PROGRAMA DE RELEVAMIENTO OPERATIVO MINERO (PROMin 2017)", que tuvo como objetivo principal sistematizar las tareas de inspección, prevención, control y educación en materia ambiental, control de producción, seguridad e higiene de la actividad minera.

Entre los resultados, el 65% de las locaciones censadas durante la ejecucion del programa presentó incongruencias en el cumplimiento de los Planes de Manejo Ambiental, incluidos en los Informes de Impacto Ambiental (Ley 24.585, Anexo III). La incorrecta gestión de combustibles y lubricantes, insuficiente gestión de los diferentes tipos de residuos relacionados al proyecto, la falta de comunicación entre el responsable técnico del Plan de Manejo Ambiental y el Productor minero y/o personal a cargo, entre otros, fueron los principales problemas detectados en el monitoreo.

El equipo de trabajo encontró como principal obstáculo la comunicación de los problemas detectados y las alternativas de corrección y/o minimización de impactos negativos. Esta situación marcó el objetivo principal del trabajo, unificar prácticas mineras armonizadas con la protección del ambiente y el recurso minero, la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería planteó la elaboración de un documento instructor de base que logre comunicar y trasmitir al productor minero la importancia de ajustar las prácticas con el cuidado del ambiente, fomentando así la divulgación de conocimientos en todos los estamentos de la organización empresarial minera.

Como resultado se confeccionó un "MANUAL DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES MINERAS", un documento que cuenta con lineamientos básicos y unificados en materia de prevención/protección de las condiciones de seguridad e higiene, ambiente, formas de trabajo, planes de manejo ambiental, gestión de residuos, restauración y cierre, legislación minera y requisitos para los productores mineros de La Pampa.

Los conceptos vertidos en el manual, surgen del trabajo de campo del relevamiento realizado de la actividad minera en toda la provincia. Se desarrolla en seis (6) capítulos que involucran la metodología de trabajo esperada, los planes de manejo ambiental involucrados en los informes de impacto ambiental, lineamientos generales de seguridad e higiene en las faenas mineras pampeanas, restauración y cierre de canteras. Por último, un breve repaso por la legislación minera vigente y los requisitos para productores mineros a cumplimentar ante la Autoridad de Aplicación, completan el contenido de este manual, el cuál es una herramienta práctica, simple y de gestión para el desarrollo de una minería sustentable.

LA INDUSTRIA VIAL COMO UNA ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN AMBIENTAL: CARACTERIZACIÓN DE ESCOMBRERAS DE MÁRMOLES PARA SU APROVECHAMIENTO EN CAPAS GRANULARES, LAS CALERAS, CÓRDOBA.

Ignacio H. Bin [(1)(2)], M. Fernanda Poklepovic[(3)] , Jorge E. Coniglio[(4)] , Manuel Demartis[(1)], Lucio Pinotti[(1)], Fernando D'Eramo[(1)] y Facundo Carranza[(2)]

(1) *CONICET – Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional N° 36 km 601, CP X5804BYA, Río Cuarto, Argentina. Tel: 0358-4676198. ignaciohugobin@gmail.com; manudem@gmail.com; lpinotti@exa.unrc.edu.ar; fderamo@exa.unrc.edu.ar*

(2) *Incisa S.A. – Laboratorio de calidad. Estado de Palestina 2720, CP X5806BYH, Río Cuarto, Argentina. Tel/Fax: 0358-4644939. ignaciohugobin@gmail.com; facundocarranza.geo@gmail.com.*

(3) *Dirección Provincial de Vialidad, Provincia de Córdoba, Departamento I, Tecnología y Laboratorio, Los Pozos 2850, CP X5009DCB, Córdoba, Argentina. Tel: 0351-4348254 int. 32. fpoklepovic@gmail.com*

(4) *Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nacional N° 36 km 601, CP X5804BYA, Río Cuarto, Argentina. Tel: 0358-4676198. jconiglio@exa.unrc.edu.ar*

En los alrededores de la localidad de Las Caleras, a 15 km al Oeste de Berrotarán, Provincia de Córdoba, se desarrollan hace más de 70 años numerosas explotaciones de mármoles calco-dolomíticos cuya producción es procesada en la zona y utilizada como componente esencial en diversos productos como plásticos, pinturas, agroquímicos, pastinas-enduidos-masillas, pegamentos, cerámicos, vidrios, cosmética, cauchos, etc. y como materia prima en industrias como las papeleras, agrícola (como mejorador de suelos), de alimentos balanceados, entre otras. En esta región, la primera etapa del circuito productivo está a cargo de pequeños productores que desarrollan la actividad a escala familiar y que venden casi la totalidad de su producción a unas pocas empresas de molienda y procesamiento de minerales radicadas en la zona, siendo la etapa productiva secundaria la de mayor beneficio económico, por lo que ha sido el segmento que ha atraído las mayores inversiones en tecnologías y maquinarias. Las canteras de mármoles se han caracterizado históricamente por explotaciones poco mecanizadas y de bajo nivel tecnológico, generalmente carecen de asesoramiento técnico y cuentan con bajos estándares en lo que respecta al cuidado del ambiente. Esto ha derivado en laboreos poco planificados, la ausencia de criterios de optimización de recursos y baja rentabilidad para los productores. El trabajo en cantera consiste en la voladura, grillado del material por una malla de barras paralelas de 10 cm de separación, y en la carga y transporte sólo de la fracción gruesa a las plantas de molienda para ser utilizado como fuente de Ca y Mg. De la fracción fina que pasa por dicha malla, una parte es aprovechada como materia prima para la fabricación de cal mientras que el resto se descarta y es acumulado en acopios. El desfasaje existente entre la generación de material y el consumo por parte del único horno calero que existe actualmente en la zona, sumado a la ausencia de alternativas o re-procesamientos que permitan darle un valor agregado al estéril, ha generado la acumulación de una importante cantidad de material en escombreras que constituyen un verdadero pasivo ambiental de escala local, situación que irá en aumento en los próximos años.

La búsqueda de una solución a esta problemática ambiental, sumado a la planificación de obras viales provinciales de envergadura cercanas a las canteras mencionadas, ha impulsado el estudio de las escombreras de mármoles para evaluar su aptitud de uso en terraplenes, sub-bases y/o bases granulares, teniendo en consideración el beneficio ambiental que esto significaría. A modo de ejemplo, en este trabajo, se presenta la caracterización técnica, -bajo los lineamientos establecidos en los pliegos particulares de especificaciones técnicas de la Dirección Provincial de Vialidad de Córdoba (PPET-DPV-Cba) en obras vigentes- de un conjunto de 5 escombreras que suman un total de 7500 toneladas aproximadamente, algunas de las cuales datan de al menos 25 años en el sitio y otras corresponden a producciones recientes. Debido a que los pliegos no admiten un tamaño de agregado mayor a 31,75mm para capas granulares, se separó en laboratorio el retenido en dicho tamiz (que representa aproximadamente un 12% del total del material) y a la fracción pasante se le realizaron los ensayos de caracterización. Éstos incluyeron: granulometría, desgaste Los Ángeles (LA), límites de Atterberg (pasante tamiz 0,420 y 0,075mm), Proctor (según Norma VN-E5-93, Método V, con compensación de material grueso para correlacionar con ensayo de Valor Soporte), Valor Soporte Relativo (VSR) e hinchamiento (según Norma VN-E6-84, Método Dinámico simplificado, con sobrecarga de 4,54 Kg.), peso específico aparente (PEA) y absorción y descripción petrográfica de cortes delgados. Los ensayos Proctor y valor soporte se llevaron a cabo con un material producto de la mezcla de las diferentes escombreras, pero se utilizó como referencia la granulometría de mayor representación volumétrica. Por otro lado, para caracterizar la totalidad de las escombreras y proponer su re-utilización completa, se procedió a la trituración de la fracción retenida en tamiz 31.75mm y ejecución de ensayos de desgaste Los Ángeles, con el objetivo de simular en laboratorio un posible reprocesamiento de las escombreras.

El material estudiado está conformado por más del 95% de mármoles calco-dolomíticos bandeados con minerales calcosilicatados, definiendo al material como homogéneo; el porcentaje restante corresponde a agregados de anfibolitas y gneises con diferentes grados de alteración, rocas que se encuentran intercaladas entre los bancos calcáreos. Los mármoles presentan una textura granoblástica y una estructura masiva con una grosera orientación de los cristales de mayor tamaño. Los minerales principales son carbonatos (calcita y dolomita), fosterita y diópsida que representan más del 90% de la roca, mientras que los accesorios son tremolita, flogopita, apatita y epidoto.

Como minerales secundarios, se observan principalmente serpentinas, que son generalizadas en todas las muestras analizadas, y carbonatos de crecimiento tardío.

Las granulometrías de las distintas escombreras son bastante similares y se encuentran dentro de los entornos propuestos por los pliegos de referencia tanto para sub-bases granulares, donde se acerca al entorno grueso, como para bases, en el cual se asemeja más al entorno fino. Los ensayos de plasticidad de los finos en todos los casos demostraron que el material es no plástico. El PEA y la absorción del material grueso fueron determinados en 2,743 y 1,81% respectivamente. Del material pasante del tamiz de 31,75mm, se obtuvieron valores de coeficientes LA (gradación A) de 42, 44 y 53 % en tres escombreras diferentes, siendo el último el correspondiente a la de mayor volumen, mientras que el retenido por dicho tamiz y re-triturado presentó valores de 38% (gradación A) y 32% (gradación B). La densidad máxima se determinó en 2,13 g/cm^3 y la humedad óptima de compactación en 8,5%. Los hinchamientos medidos en todos los moldes luego de 4 días de inmersión fueron menores al máximo admitido en los pliegos de referencia (2,5% para terraplenes). El VSR fue de 69%, si se considera el 97% de la densidad máxima correspondiente a los moldes de 56 golpes por capa, y de 82% si se toma como referencia el 100% de la densidad máxima. Si bien los coeficientes LA de las escombreras superan el máximo admitido (35% para bases granulares y 40% para sub-bases), el VSR del material resultó ampliamente mayor al mínimo exigido para la conformación de sub-bases granulares y terraplenes.

De acuerdo a todos los resultados obtenidos, con un simple grillado por una malla de 32mm de abertura aproximadamente, el material que conforma las escombreras estudiadas podría ser utilizado en terraplenes y sub-bases granulares sin afectar la resistencia solicitada en los pliegos actuales. Para esto, es necesario incorporar en las especificaciones técnicas valores más permisivos en el ensayo de coeficiente Los Ángeles para el uso en capas granulares. Como antecedente, se pueden nombrar los PPET de la DPV-Cba que incluyen un anexo donde se consideran a las “toscas” o calcretos como material alternativo para la ejecución de sub-bases y bases granulares. Por otro lado, se podrían plantear criterios diferenciados según la intensidad de tránsito, como aplica actualmente la Dirección Nacional de Vialidad para otras capas estructurales, abriendo la posibilidad de utilizar materiales no convencionales de ciertas características para las vías de menor tránsito. Además, se propone a futuro evaluar la opción de utilizar el material estudiado también en bases granulares con una exigencia de compactación del 100% respecto a la densidad Proctor, ya que, en su máxima densidad, alcanzó el valor mínimo de 80% establecido por los pliegos. No obstante, es necesario profundizar los estudios en laboratorio y en obra para comprobar la viabilidad técnica de su aplicación en bases. Por otro lado, se ha observado que cuando se re-trituran los agregados retenidos en malla 31,75mm, los valores de coeficientes LA descienden por debajo del límite de 40%, por lo que la incorporación de este material a las capas granulares podría mejorar el comportamiento mecánico del agregado y aumentar los valores de VSR, sin perder de vista el factor económico y con el complementario beneficio ambiental de aprovechar la totalidad de las escombreras.

En base a los resultados que aquí se presentan, se propone evaluar la utilización de las escombreras de mármoles para la ejecución de terraplenes, sub-bases y bases granulares en obras de la región, analizando incluso la opción de incorporar el material grueso re-triturado con el objetivo de corregir la curva granulométrica y posiblemente mejorar su capacidad portante. Otra alternativa a evaluar es el agregado de materiales adicionales que le brinden a la capa alguna característica particular que se requiere obtener o mejorar, como por ejemplo, arena silícea para facilitar la compactibilidad o agregados convencionales de mayor resistencia para mejorar su comportamiento mecánico.

La utilización de este sub-producto de la industria de minerales calcáreos, significaría importantes beneficios fundamentalmente en dos aspectos: 1) ambiental: ya que permitirá diversificar la demanda de áridos entre más fuentes de provisión, lograr el uso integral del recurso no renovable y eliminar un pasivo ambiental de considerable envergadura local; y 2) económico: tanto para los productores de mármoles, ya que podrán darle un valor agregado a un producto que actualmente consideran como descarte; para las obras viales locales, debido a que se disminuirían los costos ejecutivos y de transporte; como para la sociedad en general, ya que se le da utilidad a un producto hoy sub-aprovechado que representó gastos económicos e impactos ambientales para su extracción. En cuanto a la viabilidad técnica, el material mostró un adecuado comportamiento en relación a su resistencia y a otros parámetros que condicionan su servicio. No obstante, no cumple con todos los requisitos establecidos en los pliegos. Es posible que sea necesaria la adecuación de los proyectos y de los cálculos estructurales para el uso de estos materiales no convencionales, sin dejar de ponderar factores económicos y ambientales. Además, la disposición en numerosas escombreras correspondientes a diferentes periodos de producción, puede generar una importante variabilidad de una a otra, por lo que serán necesarias caracterizaciones independientes de cada una y un adecuado manejo de los acopios.

En base a todo lo mencionado, se considera que la utilización de las escombreras de mármoles, que se generan en la industria de los minerales calcáreos, para la ejecución de capas granulares que conforman la estructura de un camino, es una alternativa ambientalmente beneficiosa, económicamente conveniente y técnicamente viable.

Por último, este trabajo intenta ser una convocatoria a aquellas reparticiones que tienen a su cargo los proyectos de obras viales y civiles a que ejecuten caracterizaciones similares para evaluar la posibilidad de utilizar materiales alternativos o no convencionales, con el objeto de que la industria de la construcción pueda contribuir en la mitigación de los impactos ambientales de las industrias primarias, disminuyendo también el propio impacto y sin afectar la calidad y las prestaciones técnicas de las estructuras en servicio.

EVALUACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO Y FÓSFORO DISPONIBLE POR EROSIÓN HÍDRICA EN EL SUROESTE DE CÓRDOBA

A. Becker[1,2]; M. Grumelli[1] y J. Ossana[3]
[1] *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.*
[2]*Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María.*
[3]*Consultor Geológico.*
analia_becker@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales de Argentina han sufrido desde la conquista y colonización del territorio modificaciones profundas y en algunos casos irreversibles. El regreso a un estado original de la naturaleza es imposible, sin embargo, es posible e imprescindible preservar los agroecosistemas. El proceso de erosión hídrica presenta graves connotaciones en distintas regiones de Argentina provocando un fuerte impacto sobre la fertilidad y capacidad productiva de los agroecosistemas.

En el área pedemontana del suroeste de Córdoba los procesos de erosión hídrica laminar determinan un fuerte impacto negativo con disminución en la capacidad de uso de los suelos, aunque a pesar de esta situación, son escasos los trabajos relacionados a la erosión hídrica (Cantú, 1998). Se han reportado importantes pérdidas de sedimentos por erosión hídrica con gran cantidad de carbono orgánico (CO) y nutrientes (Becker, 2006). Por ello el objetivo del trabajo fue evaluar el carbono orgánico, fosforo disponible y tasa de enriquecimiento en los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en la cuenca del Arroyo La Colacha del suroeste de Córdoba como base para el ordenamiento territorial del agroecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se efectuó en una pendiente representativa de la cuenca pedemontana del arroyo La Colacha en el suroeste de Córdoba. La cuenca se desarrolla en el ambiente de la provincia geológica Llanura Chaco-Pampeana, y el área de nacientes del curso principal corresponde al bloque serrano de la Sierra de Córdoba que forma parte de la provincia geológica Sierras Pampeanas Surorientales (Cantú, 1998). Este autor estableció a través de evidencias estratigráficas, topográficas y morfométricas que los lineamientos, de rumbo meridiano a submeridiano, han tenido actividad neotectónica. Asociado a estas fallas y ubicadas espacialmente próximas a la zona de estudio, se han reconocido importantes deformaciones superficiales neógenas en materiales sueltos y evidencias cosísmicas vinculadas con la ocurrencia de paleoterremotos con frecuente sismicidad (Sagripanti *et al.*, 2005).

El clima es templado húmedo con una precipitación media anual de 950 mm y una temperatura media anual de 16,5ºC. Los vientos dominantes son de dirección N. La vegetación del área presenta características del Distrito Chaqueño Serrano de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña (Cabrera, 1976) y se encuentra estrechamente vinculada, hacia el Este, a la Provincia del Espinal. La flora actual y su posición dentro del gradiente latitudinal se considera un ambiente florísticamente muy empobrecido en elementos vegetales (Cantú, 1998).

El relieve actual, moderado a fuertemente ondulado, constituido por sedimentos loésicos del Holoceno está profundamente relacionado a la actividad tectónica que provoca reacomodamientos del nivel de base de los arroyos o el nivel básico de erosión y por lo tanto un continuo rejuvenecimiento del relieve. En este complejo relieve los suelos dominantes son Hapludoles típicos, limosos gruesos, illítico, térmico. El sistema de labranza más utilizado es la siembra directa, sin embargo, la mayoría utiliza este sistema sin aplicación de fertilizantes y en muchos casos con el pastoreo del rastrojo. El uso de la tierra es predominantemente agrícola (Becker, 2006).

La actualización climática se realizó con datos registrados de estaciones instaladas en el área (serie 1945-2017).

La pérdida de sedimento en el horizonte superficial a través de colectores y precipitación natural en la pendiente fue evaluada (2003-2006) con cultivo de maíz, bajo siembra directa (SD), labranza reducida (LR) y convencional (LC) sin y con fertilización (Siembra=Fosfato Diamónico [138kgha^{-1}] y Seis hojas=Urea [137kgha^{-1}]) y sin pastoreo del rastrojo, se tomó de Becker (2006). A partir de los sedimentos se determinó en cada sistema carbono orgánico (CO) (Jackson, 1976) y fósforo disponible (Pe) (Bray y Kurtz, 1945) y se calculó la tasa de enriquecimiento (TE). El tratamiento estadístico se realizó con InfoStat (UNC, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSION

La cuenca del arroyo La Colacha presenta un clima templado húmedo con un régimen mesotermal, alta variabilidad climática y un pequeño déficit hídrico e importantes excesos hídricos. Las precipitaciones presentan una fuerte concentración en primavera-verano con gran variación temporal y espacial, y una marcada estación seca en invierno. La actualización de los datos climatológicos indica la continuidad de una tendencia al aumento de las precipitaciones en las últimas décadas. En esta condición climática los procesos erosivos están vinculados principalmente a precipitaciones con intensidades moderadas a altas, si bien con bajas intensidades también se ha producido erosión hídrica. Los vientos dominantes de dirección N, NE y muy subordinadamente la componente del NO son importantes por ser preferentemente cálidos, aun en invierno, lo que afecta fuertemente la variabilidad de la

condición de humedad del horizonte superficial de los suelos condicionando el proceso de erosión hídrica.

Se registraron numerosas precipitaciones durante el período evaluado, aunque fueron consideradas potenciales erosivas aquellas que superaron los 20 mm. Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en el horizonte superficial no presentan diferencias significativas en la CO entre los tratamientos con y sin fertilización, mientras que el Pe presenta las mayores concentraciones ($p<0,05$) en los sitios fertilizados. En todos los eventos se cuantificó CO y Pe presentando los mayores niveles en los tratamientos fertilizados ($p<0,05$) y significativamente mayor concentración en la SD y LR. Esto podría asociarse a la escasa remoción del suelo en estos tratamientos que habrían contribuido a la acumulación y estratificación de CO y Pe en el horizonte superficial, con lo cual el impacto de las gotas de lluvias habría provocado la movilización de estos componentes. La pérdida de CO (kgha-1) y Pe (gha^{-1}) fue significativamente mayor en los tratamientos fertilizados aunque no se observaron diferencias entre sistemas de labranza. La pérdida de CO y Pe estaría vinculada a las mayores pérdidas de suelo en los sitios fertilizados debido a que la aplicación de fertilizantes habría provocado alteración superficial del suelo que en coincidencia con una mayor intensidad de las precipitaciones generaría mayor movilización de las partículas y agregados. La tasa de enriquecimiento (TE) de CO y Pe en los sedimentos fue significativamente positiva en todos los sistemas de labranzas, y muy superiores a los valores reportados por Adema *et al* (2001), Rienzi y Grattone (2002) en otros sitios de Argentina.

La tasa de enriquecimiento positiva de carbono orgánico en la siembra directa de la pendiente se relacionaría a que la mayor parte de la materia orgánica es más joven o lábil y con un corto tiempo de ciclado, por lo cual, no estaría protegida por las partículas minerales y el impacto de la gota de lluvia provoca la movilización, junto con los nutrientes asociados, por los procesos de erosión hídrica laminar.

La tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en los sedimentos erosionados a lo largo del período evaluado es muy relevante en la siembra directa con fertilización y sin pastoreo llegando a septuplicarse, dependiendo de las características superficiales del suelo. Esto indica que a pesar de que la siembra directa en el sentido estricto conlleva a una renovación anual muy alta del carbono orgánico en los primeros centímetros del suelo y en las formas más lábiles, queda disponible para su movilización por procesos de erosión hídrica laminar. La menor tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en la mayoría de los tratamientos de la labranza convencional de la pendiente se relacionaría al bajo contenido del mismo en el suelo debido a las características de la labranza que favorecen la acumulación subsuperficial.

La pérdida de carbono orgánico y fosforo indican la importancia del proceso de erosión hídrica laminar en el área de estudio, alterando fuertemente los agroecosistemas por la degradación del recurso suelo y por un uso ineficiente del agua que genera excesos hídricos. La TE de CO y Pe en los sedimentos se transforma en vehículo de contaminantes que transportan aguas abajo del área de aporte afectando diversas zonas de la cuenca y sectores alejados de la misma, contribuyendo por colmatación a la desaparición parcial de humedales o la eutrofización de los mismos de gran importancia ecológica.

CONCLUSIONES

El impacto que produce la erosión hídrica es muy importante ya que la pérdida de sedimentos con gran cantidad de carbono orgánico y fosforo disponible es muy importante y especialmente en los tratamientos fertilizados, afectando la fertilidad y productividad de los suelos, sino también, la calidad de los mismos. La pérdida de carbono orgánico por erosión hídrica laminar es de fundamental importancia debido a que en suelos de bajo contenido coloidal este es un atributo clave de la calidad de los mismos por su marcada influencia sobre la mayoría de las propiedades y el funcionamiento del suelo.

Las tasas de enriquecimiento de CO y Pe por procesos de erosión hídrica laminar en suelos de alta fragilidad, con escaso desarrollo, bajo contenido de materia orgánica, textura dominantemente limo arenosa fina a muy fina, en un área de alta variabilidad climática provocan un importante proceso de degradación de suelos. Estos resultados deberían ser considerados para un uso y manejo sustentable de los agroecosistemas ya que la profundización de los procesos de erosión de suelos sin cambios que permitan revertir la situación conllevan a una tendencia a la desertización y a la disminución de la sustentabilidad de los agroecosistemas en la cuenca, como así también, a largo plazo la economía de toda la región. Estas consideraciones deberían ser tomadas como base para el ordenamiento territorial de los agroecosistemas de la cuenca del arroyo La Colacha del suroeste de la provincia de Córdoba.

REFERENCIAS

Adema E. O., Babinec F. J. y N. Peinemann. (2001). Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Cardenal Pampeano. Ciencia del Suelo, 19(2):144-154.

Becker A. R. (2006). Evaluación del proceso de degradación de suelos por erosión hídrica en la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 800 pp.

Bray R. H. and L. T. Kurtz. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Cantú MP. 1998. Cantú, M. P. 1998. Estudio Geocientifico para la Evaluación Ambiental y Ordenación Territorial de una Cuenca Pedemontana. Caso: Cuenca del Arroyo La Colacha, Depto. Río Cuarto, Córdoba. Tesis Doctoral, UNRC. 376 páginas.

Jackson M. L. (1976). Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 662 pp.

Universidad Nacional de Córdoba. (2009). InfoStat. Versión 1.6. Estadística y Biometría.

Rienzi, E. A. and N. Grattone. 2002. Enrichment rate of organic carbon content in sediment produced by interrill erosion with

two degrees of surface cover. In: International Colloquium Landuse management, erosion and carbon sequestration. Montpellier, Francia. CD 5 pp.

Sagripanti, G.; Costa, C.; Schiavo, H.; Villalba, R. Daga, R. y C. Rodríguez. 2005. Paleoterremoto en el sector noreste de la Sas. Pampeanas Orientales, revelado por deformaciones de depósitos lagunares Holocenos. Actas XVI Cong. Geol. Arg., Tomo IV:457-462.

MODIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS RECIENTES. NATURAL VS ANTRÓPICO. CASO DE ESTUDIO: CAUCE DEL RÍO SAN JUAN, ALBARDÓN, SAN JUAN, ARGENTINA

L. G. J. Villegas y M.A. Pittaluga

1. *Instituto de Geología "Dr. Emiliano P. Aparicio" - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.*
2. *Departamento de Geología - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan*

lgjvillegas@gmail.com

La geomorfología es una herramienta fundamental para todo estudio del medio físico, por lo tanto constituye un aspecto invalorable, a tener en cuenta a la hora de planificar y ordenar un territorio. La actividad antrópica es cada día más importante, la diversidad de acciones del hombre requiere la utilización de los espacios físicos y por lo tanto produce una afectación al paisaje natural, a través de modificaciones tanto en el relieve como en los recursos de cualquier región (suelos, agua, vegetación).

Se entiende al territorio, no solamente como el entorno físico donde se enmarca la vida humana, animal y vegetal, sino que comprende también la actividad del hombre que modifica este espacio (Gross, 1998).

San Juan presenta un 80% de su superficie, ocupada por cordones montañosos, el 20% restante está representado por valles intermontanos, limitados por estas grandes cadenas orográficas. Cualquier actividad antrópica, debería tener una planificación tendiente al ordenamiento de las mismas y a la ocupación racional y sustentable del espacio físico.

El Valle de Tulum se encuentra atravesado por el curso del rio San Juan, este constituye el principal recurso hídrico de la provincia, nace en la alta cordillera y discurre con orientación oeste-este hasta que intercepta a este valle, donde su curso cambia y drena con orientación sur-este. Numerosas geoformas tienen una génesis directamente relacionada a este curso como el Mega abanico de Tulum, la amplia planicie de inundación, los antiguos cauces, terrazas, etc. El sector abarcado por el estudio, se inserta en parte media a distal del abanico, específicamente en la zona del cauce actual del rio San Juan, abarcando la llanura de inundación, barras y terrazas. (Figura 1).

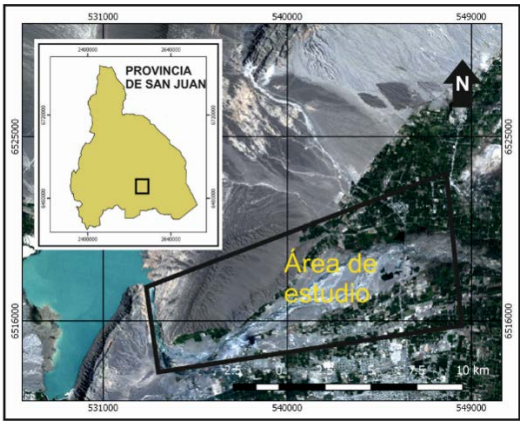


Figura 1: área de estudio.

En el sector del río San Juan situado entre el dique de Ullúm y el puente de Albardón, el avance de actividades del tipo industrial (específicamente extracción de áridos) es notorio y de gran magnitud por lo que se hace necesario una cartografía geomorfológica que permita visualizar los cambios que se han producido y se están produciendo, a los efectos de que sirva de base para cualquier plan de gestión ambiental y/u ordenamiento territorial en la zona.

El objetivo de esta investigación, fue identificar las distintas unidades ambientales, a partir de lacaracterización de las geoformas presentes en el área, y analizando la dinámica natural y/o antrópicas que produjeron y/o produzcan, modificaciones en estas geoformas. Las unidades geomorfológicas se cartografiaron usando el criterio de interpretación de imágenes, se seleccionaron, los años 2004, 2009 y 2014 obtenidas con Google Earth en su versión Pro. Luego, con el aporte de los programas Global Mapper V10, Quantum Gis (1.8.0.) y Saga Gis v2.0, se procesaron los datos para la obtención de cartografías del sector de estudio decada año enunciado anteriormente.

Las unidades geomorfológicas fueron posteriormente clasificadas en unidades ambientales, según una metodología propuesta por Gonzalez Bernáldez (1973), que permitió catalogar las mismas en dos tipos: naturales (Sierras, Fluviales y Coluviales) y antrópicas, a su vez esta última se subdividió en rurales, industriales y núcleos urbanos. Para esta identificación se utilizaron matrices de identificación que se describe a continuación en tabla 1:

U.GEOMORFOLOGICAS / TIPO DE UNIDAD		ABANICO ALUVIAL RIO SAN JUAN	BARRAS	CAUCE	LLANURA DE INUNDACION RIO SAN JUAN	TERRAZAS	SIERRAS	PLANICIE COLUVIAL
UNIDAD NATURAL			X	X	X	X	X	X
UNIDAD ANTRÓPICA	UNIDAD RURAL	X				X		X
	UNIDAD URBANA	X			X	X		
	UNIDAD INDUSTRIAL				X			

Tabla 1: matriz de unidades ambientales.

De la matriz se desprende que:

a. La unidad geomorfológica **Abanico aluvial del río San Juan (A)**: En el sector noreste del área de estudio presenta características de actividad agrícola principalmente por lo que se la puede clasificar como una unidad Rural (AR) y como unidad Urbana en el sector sur debido a que se compone en gran mayoría de núcleos urbanos (AU).

b. Las unidades geomorfológicas **Barras (BN), Cauce (CN) y Sierras (SN)** se clasifican como unidades naturales ya que prevalecen las características naturales en la extensión del área de estudio.

c. La unidad geomorfológica **Llanura de Inundación(L)**: Se clasifica como unidad natural en su extremo oeste y centro (LN), mientras que hacia el este se la caracteriza como unidad industrial debido a la extracción de áridos (LI).Como unidad urbana en un sector puntual también hacia el este de dicha llanura (LU).

d. La unidad geomorfológica **Terrazas(T)**se comporta como:Unidad natural hacia el oeste del sector de estudio (TN).Hacia el noroeste del sector de estudio se comporta como unidad urbana (TU).Hacia el centro y este se comporta como unidad rural (TR).

e. La **Planicie Coluvial(P)**que se identificó en el sector centro oeste del área de estudio, quedando su superficie acotada entre la unidad geomorfológica sierras, se clasifica como unidad natural (PN) en su mayor extensión y comportándose en menor medida como unidad rural hacia el noreste de la misma (PR).

Posteriormente se procedió a la realización de una tabla (Tabla 2) en la que se observa la superficie de las distintas unidades ambientales para los años 2004, 2009 y 2014. Luego fueron representadastales unidades en los mapas situación ambiental de los años enunciados (Figura 2).

UNIDADES AMBIENTALES		Superficie (km^2)2004	Superficie (km^2)2009	Superficie (km^2)2014
ANTRÓPICAS	NÚCLEOS URBANOS	6,08	7,44	9,59
	OBRAS CIVILES	0,26	0,26	0,26
	FÁBRICAS	1,13	1,44	1,46
	EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS	5,72	7,26	10,25
	RURALES	34,86	33,4	31,45
NATURALES	LOMAS DE MOGNA Y EL COR	8,97	8,95	8,99
	LOMAS DE LAS TAPIAS	4,89	4,85	4,89
	CAUCE	0,72	0,58	0,53
	LLANURA DE INUNDACIÓN	16,23	15,17	12,27
	TERRAZAS	0,51	0,56	0,53
	BARRAS	0,28	0	0
	SECTOR MEGA ABANICO	0	0	0
	PLANICIE COLUVIAL	8,36	8,1	7,79
TOTAL (Km^2)		**88,01**	**88,01**	**88,01**

Tabla 2: superficie de ocupación de cada unidad ambiental identificada para los años 2004, 2009 y 2014.

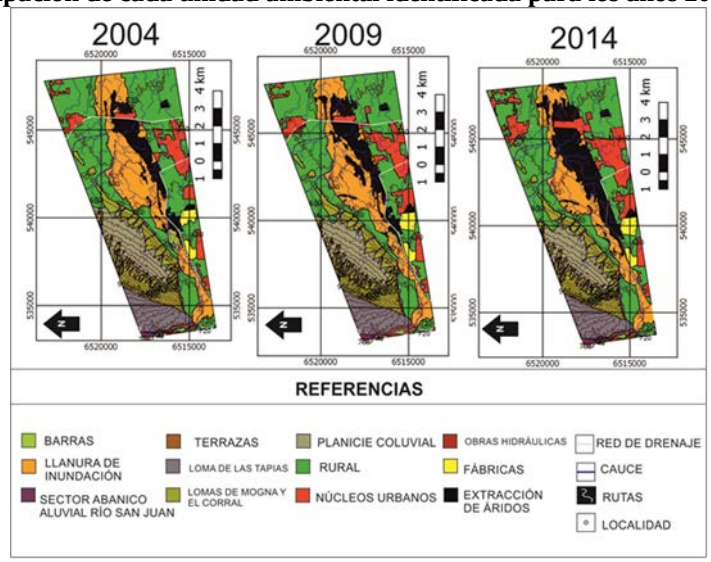


Figura 2: mapas de situación ambiental de los años 2004, 2009 y 2014.

Conclusiones

La metodología aplicada permitió identificar un total de 13 unidades ambientales: 5 antrópicas y 8 naturales que han sufrido cambios a los largo de 10 años (desde 2004 hasta 2014).

El análisis de la dinámica en la región indicó que en el transcurso de diez años el área antrópica fue la única unidad que aumentó su área en el sector de estudio respecto del área natural, evidenciándose la misma en un crecimiento del 5% (2.4 km2), siendo responsable de este incremento, principalmente el desarrollo de núcleos urbanos y de actividades de extracción en distintos sectores.

REFERENCIAS

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ F., 1973. Urbanismo y ordenación del territorio. Aspectos del urbanismo Sevillano. Real Academia de Bellas Artes Isabel de Hungría. Sevilla.: 81-94.

GROSS, P., 1998. Ordenamiento territorial: el manejo de los espacios rurales. *EURE (Santiago)*, 24(73), 116-118.

INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA EN LOS PROCESOS FLUVIALES EN LA CUENCA DEL RÍO POTRERO. POTRERO DE LOS FUNES. SAN LUIS.

Sosa Graciela y Guillermo Ojeda

Departamento de Geología. Universidad Nacional de San Luis. Av. Ejército de los Andes 950. Bloque II. San Luis
sosagr@unsl.edu.ar

Potrero de los Funes es una localidad ubicada a 18 km al NE de la capital de la provincia (Figura 1). A partir de 1990 la localidad experimentó un aumento de la población estable de 730% para el año 2016, alcanzando los 3000 habitantes (Sosa, 2016). Esto estuvo acompañado de un incremento en la urbanización de 150 % (0,64 km^2 a 0,96 km^2) para el periodo 2004-2016, particularmente en construcciones destinadas al turismo y servicios para satisfacer las necesidades de hasta 15000 turistas que llegan durante las vacaciones y/o feriados.

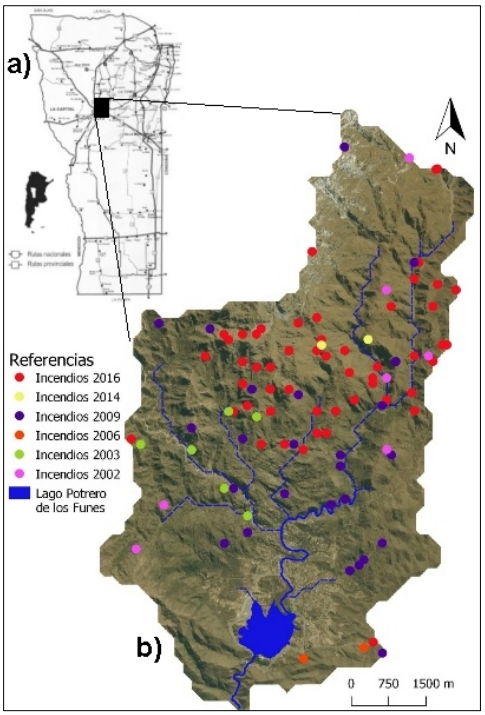


Figura 1: a) Mapa de ubicación regional. b) Cuenca del lago Potrero de los Funes e Incendios

La cuenca del río Potrero (48,7 km^2) se encuentra en el extremo sur de la sierra de San Luis, en un ambiente asociado a depresiones tectónicas del tipo hemigraben (Zencich, 1988), con un relieve con marcados desniveles entre alturas máximas de 2100 m s.n.m., en el extremo norte de la cuenca y valores de 950 m s.n.m. en la parte sur, en el perilago del embalse Potrero de los Funes, principal atractivo turístico. El clima es templado subhúmedo serrano, con veranos cálidos e inviernos rigurosos. El promedio de la precipitación media anual para los últimos cinco años ha sido de 792,12 mm y el de la temperatura media anual de 15,7 °C (REM, 2018).

La depresión tectónica de Potrero de los Funes presenta un relleno de depósitos neógenos continentales (Rivarola y Di Paola 1993), mayormente cubiertos por mantos limos-arenosos aluvio-eólicos, referidos al cuaternario (Latrubesse y Ramonell, 1990).

Los procesos fluviales y eólicos modelaron el paisaje de Potrero de los Funes. A partir del notable aumento poblacional del lugar, la intensa modificación realizadas por el hombre, los cambios en el uso de suelo, han llevado a una aceleración de los procesos erosivos y sedimentarios (Sosa, 2016; Sosa y Ojeda, 2017).

Particularmente, el cuerpo deltaico desarrollado en la desembocadura del río Potrero (Sosa, 2016 y Sosa y Ojeda, 2017) aumento su superficie entre 2004 y 2016 un 69,8 % (41.479 m^2) que implica un volumen aproximado de crecimiento de 451,65%.

Como lo han señalado diferentes autores, en los sistemas geomorfológicos los principales factores desencadenantes de cambios son: el clima, la tectónica (afectando al nivel de base), y el hombre (Schumm, 1979; Harvey et al., 2005; Dorn, 2009). En trabajos previos se ha establecido una asociación entre el grado de urbanización y el aumento de los procesos erosivos y sedimentarios en la cuenca del río Potrero, donde se utilizaron fotografías aéreas e imágenes satelitales, se realizaron análisis multitemporales de crecimiento urbano y de las modificaciones de la superficie del delta; y se calcularon áreas y volúmenes del delta con controles de campo. Se

interpretaron además datos climáticos y se compararon con la información existente para la región con el propósito de determinar su influencia en los procesos naturales. Se valoró la información brindada por funcionarios del municipio y vecinos de la localidad.

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos al considerar otra variable, los incendios forestales y su influencia en los procesos de erosión y sedimentación fluvial.

Para determinar la influencia de los incendios en los procesos geomorfológicos mencionados previamente se analizaron datos de incendios ocurridos en la cuenca en el periodo 2002-2016, obtenidos por datos de sensores satelitales y disponibles en https://earthdata.nasa.gov/firms. Se obtuvieron datos sobre la localización temporal y espacial de 94 focos de incendios y se analizó la temperatura informada de los focos convirtiendo los datos originales a grados centígrados. Mediante el procesamiento con un SIG se generaron mapas para mostrar los patrones de distribución dentro de la cuenca del río Potrero.

Los numerosos focos de incendios registrados en el área estudiada presentan una evidente tendencia de ocurrencia en los meses de agosto y octubre coincidente con los meses secos y con mayor acción de fuertes vientos que favorecen su expansión. Dentro del periodo analizado los años 2009 y 2016 presentan la mayor cantidad de incendios. Información recolectada de fuentes municipales indican que muchos de los incendios han sido originados por acción humana cuando pretenden realizar una quema controlada para acelerar el verdeo para pastura, pero, no descartan las causas naturales como la caída de rayos. La mayoría (86 %) se localizan en las laderas serranas de la cuenca alta y media del río Potrero (Figura 1). Por encima de los 1100 m s.n.m no hay vegetación arbórea, predominan diversos arbustos y hierbas. En los claros desmontados en la sierra abundan los pastos duros como *Nasella spp*., *Festuca hieronymi, Melica macra, Jarava spp.* (Borisov et al, 1999).

Estos sectores presentan escaso desarrollo del suelo debido a las fuertes pendientes y al predominio de rocas ígneas y metamórficas aflorantes.

Además de la eliminación de la cobertura vegetal protectora del suelo a la erosión, las temperaturas elevadas pueden producir perdida de cohesión de los materiales rocosos. Según Colazo (2015), valores mayores a 300°C producen modificación del tamaño de las arenas por la ruptura de feldespatos, minerales comunes en las rocas graníticas de basamento. Los valores informados por el sensor Movi, indican temperaturas máximas de 137.65º C para los focos analizados, sin embargo, se considera que su recurrencia e intensidad calórica va debilitando la estructura de la roca por dilatación y contracción térmica.

En trabajos previos de los autores se determino que la removilización de sedimentos de origen fluvial (arenas y gravas finas) y eólico (limos y arenas finas) durante las construcciones y en las obras de profundización y ensanchamiento del lecho del río Potrero, favorecieron notoriamente la disponibilidad de sedimentos depositados en el delta (Figura 2). Las superficies construidas redujeron la capacidad de infiltración del agua aumentando el escurrimiento y la erosión. La importancia de la influencia del clima en la aceleración de los procesos fluvio - aluviales se manifiesta principalmente con eventos de lluvias extremas, (mayor a 50 mm/dìa) que cada vez son más frecuentes (siete entre 2012-2015), en los cuales la erosión se intensifica (Sosa,2016).

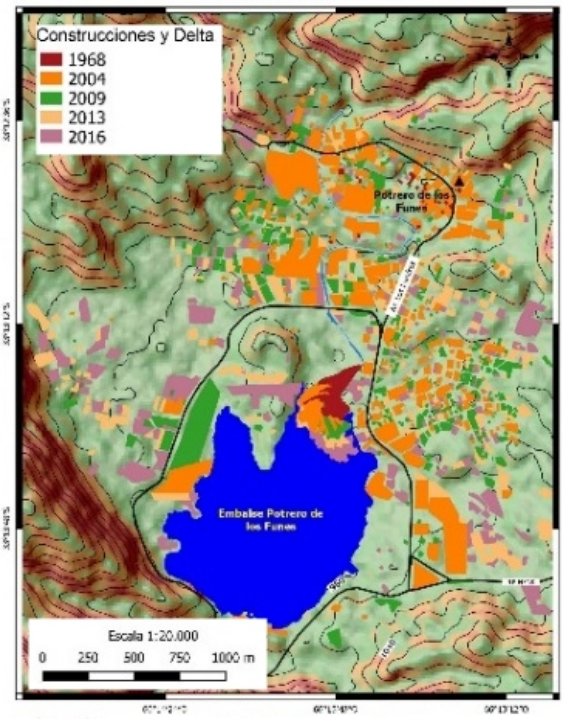


Figura 2: Crecimiento de las construcciones y delta

Si bien un alto porcentaje de los sedimentos que han hecho crecer el delta durante la expansión urbana proviene de sectores con rocas sedimentarias, el análisis mineralógico de los sedimentos del delta mediante perforaciones indica niveles con predominio de minerales constituyentes del basamento cristalino (granitos, pegmatitas, migmatitas). Esta composición se interpreta en parte como el producto de la degradación de las rocas de basamento favorecida por el efecto de los incendios, lo que ha facilitado su erosión.

REFERENCIAS

BARROS, V; NUÑEZ, M; CAMILLONI, I. Y SOLDMAN, S., 2010. Escenarios Climáticos de la Provincia de San Luis, Argentina. Ed. Universidad de La Punta. 55p. San Luis.

BORISOV, J.; CAROSIO, C. Y CIUFFO, L.,1993. Las comunidades vegetales de la cuenca del lago Potrero de los Funes. Parodiana. 6(2): 303-322.

COLAZO, J. 2015. Los suelos también son afectados por los incendios en la región central de Argentina. Programa Nacional INTA Suelos. htpp//inta.gob.ar/pnsuelos

COSTA, C. Y CORTÉS, J., 1993. Tectónica extensional en el extremo sur de la sierra de San Luis. 12° Congreso Geológico Argentino. Actas 3:113-119. Mendoza.

DI PAOLA, E. Y RIVAROLA, D., 1992. Formación San Roque: Modelo de relleno de una cuenca extensional en las localidades de Potrero de los Funes-Las Chacras, San Luis. IV Reunión Arg. de Sedimentología, 1: 87-93. La Plata

LATRUBESSE, E. Y C. RAMONELL., 1990. Unidades litoestratigráficas del Cuaternario en la Prov. de San Luis, Argentina. XI Congreso Geológico Argentino Actas II: 109-112. Mendoza.

OJEDA G., 1998. Evaluación de la Erosión Hídrica Mediante Modelos Cualitativos y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Cuenca del Lago Potrero de Los Funes. San Luis. Argentina. Actas del X Congreso Geológico Latinoamericano. Buenos. Aires. Argentina. Volumen III. Pág. 372-377.

OJEDA, G. Y SOSA, G., 2006. Cartografía de los Recursos Naturales: Atlas Geoambiental de Potrero de los Funes. San Luis. Argentina. III Congreso de la Ciencia Cartográfica. Actas en CD. 7 p. Buenos Aires.

OJEDA G. Y SOSA, G., 2009. Tendencias Climáticas y Riesgos Geomorfológicos Asociados en la Región Central de la Provincia de San Luis. Publicación Especial. INGEMA. UNT. (Eds.) Dres. J.M. Sayago y M.M. Collantes. Tucumán.

REM 2018, Red de Estaciones Meteorológicas. Gobierno de la Provincia de San Luis. En http://clima.edu.ar

SOSA, G., 2016, Análisis del paisaje de Potrero de los Funes vinculado a las interacciones entre procesos naturales y antrópicos, provincia de San Luis, Argentina. Trabajo Final de Maestría. 103 p. UNIBA. Barcelona, España. Inédito

ZENCICH S., 1988. Evolución morfotectónica tardío cenozoica entre el cerro Valle de Piedra y la Quebrada de los Cóndores. Provincia de San Luis. Tesis final de licenciatura. UNRC (Inédito). 100p. Río Cuarto.

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS

Daniel A. Sales y Carlos E. Gardini

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis
sales@unsl.edu.ar

Se analizan las características geotécnicas de una porción de los depósitos superficiales del piedemonte occidental de la sierra de San Luis, en su extremo austral, donde se asienta la Ciudad de San Luis. La evolución geológica de la región, posibilitó el desarrollo de antiguos paleocauces que fueron dando origen a depósitos aluviales de edad Pleistoceno Sup – Holoceno. Estos depósitos integran la unidad denominada "Depósitos de planicies aluviales", cuyo origen se relaciona al conjunto de abanicos aluviales coalescentes desarrollados al pie de la sierra de San Luis los cuales se extienden hasta el eje de la Depresión Longitudinal Central (Costa *et al.*, 2000).

Para tal fin, se realizó el análisis de 95 sitios distribuidos en la Ciudad Capital, donde se llevaron a cabo 230 ensayos SPT hasta la profundidad de 3,50 m. Entre la cota 0 y -2 m, los depósitos están conformados por una alternancia de depósitos de origen fluvio-eólico, con una mayoritaria participación de arenas con intercalaciones de grava y limo, cuyos espesores son variables. En general se caracterizan por suelos según la Clasificación S.U.C.S. del tipo SP-SM y SW-SM, y en forma subordinada SM hasta 1,5 m de profundidad. La densidad relativa varía de baja a moderada a mayor profundidad. Por debajo de la cota – 2m, se encuentran sedimentos fluviales, caracterizado desde el punto de vista ingenieril, según S.U.C.S., suelos del tipo SW y SP, de densidad relativa moderada, que en algunas ocasiones, están interdigitados por mayor aporte de gravas y bloques dando origen a suelos GW, con potencia que no superan los 0,30 m de espesor (Tabla 1).

Profundidad (metros)	**Clasificación S.U.C.S.**	**Descripción**	**Resistencia N_{spt}**	**Peso Unitario Estimado (gr/cm^3)**
0 a 1,8 / 2,0	SW-SM / SP-SM / SM	Arenas con gravas, acompañadas de contenido de limos	4 - 20	1,40 - 1,65
1,8 / 2,0 a 4,0	SW/ SP	Arenas con gravas, con escaso contenido de limos con alternancia de mantos de clastos y bloques (GW/GP) por escorrentías por crecidas de origen fluvial	15 - 30	1,55 - 1,80
4,0 a 6,0			20 - 35	1,65 - 1,80
6,0 a 12,0			35 - 50	1,80 - 2,40

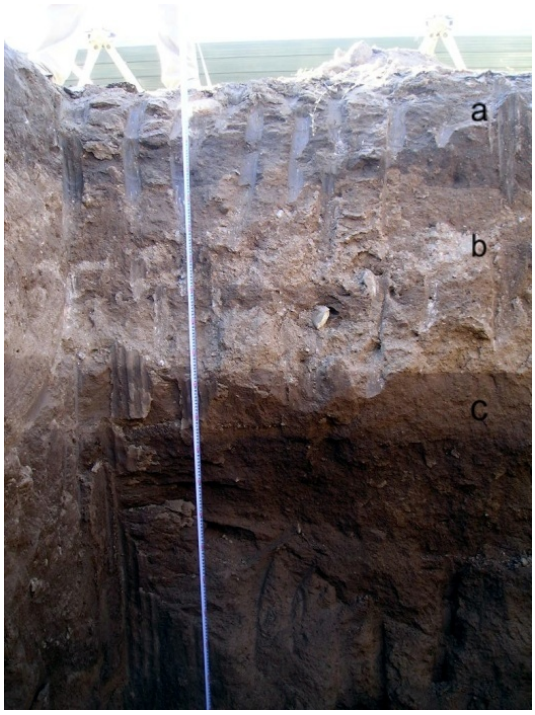
Tabla 1: Síntesis de las características geotécnicas generales del subsuelo de la ciudad hasta la profundidad de 12 m.

Lo descripto anteriormente, coincide con los perfiles de las excavaciones en el sector Este de la ciudad, en cercanía del quiebre de pendiente - sector Puente Derivador (Figura 1) y otro en el centro histórico de la Plaza Independencia (Figura 2).

Lo expuesto, confirma la influencia fluvial de los depósitos sedimentarios de la Ciudad de San Luis, caracterizado por arenas gruesas y gravas, donde la resistencia a la penetración de la sonda normalizada de Terzaghi (N_{spt}), aumenta a mayor profundidad. Ello relacionado al aumento de la presión de confinamiento de los sedimentos al que fueron sometidos. Se debe aclarar que el primer nivel es muy variable por todas las modificaciones que ha sufrido el paisaje a lo largo de la historia de la urbanización de la ciudad de San Luis, con cavado de estructuras, sótanos y servicios, luego cubiertos con rellenos alóctonos, principalmente en el primer metro de profundidad.

REFERENCIAS

Costa, C., Gardini, C., Chiesa, J., Ortiz Suárez, A., Ojeda, G., Rivarola, D., Tognelli, G., Strasser, E., Carugno Durán, A., Guerstein, P., Sales, D. y Vinciguerra,H.2000. Hoja Geológica 3366-III San Luis, provincias de San Luis y Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR), Boletín Nº 293, pp 104, en CD, ISSN Nº 1667-1988.



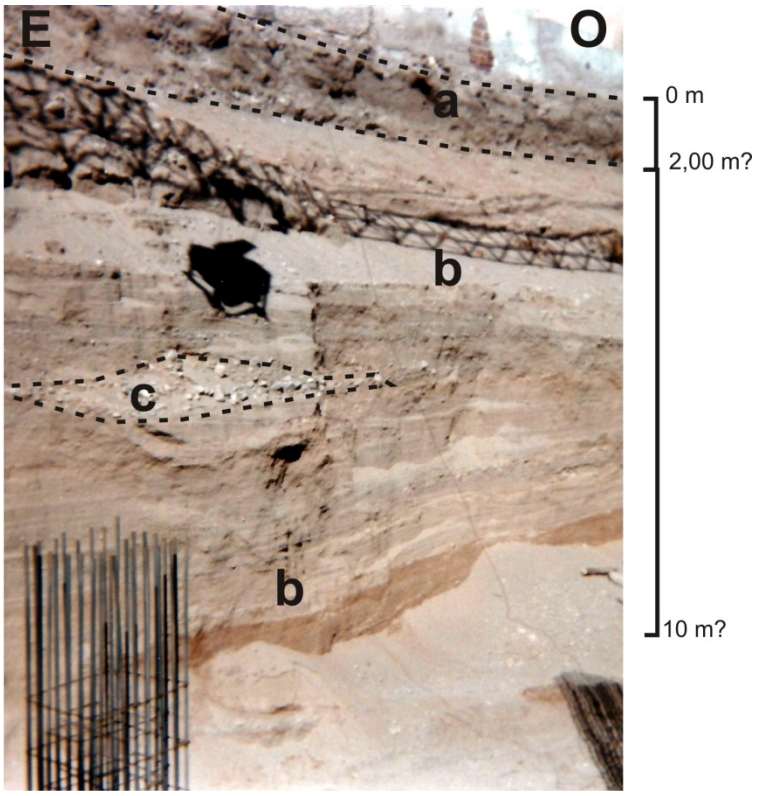
a. (Cota 0 a – 0,40m). Suelo arenoso acompañado de limos y gravas. Clasificación S.U.C.S.: SM

b. (Cota 0,40 a – 1,00m). Horizonte de tonalidad clara, con una potencia de 0,60 m y están constituidos por arenas con menor contenido en finos que el nivel supra, y un aumento importante de gravas con algunos bloques aislados de roca granítica foliada, redondeados, con tamaños entre 13 a 40 cm de longitud observable.
Clasificación S.U.C.S.: SP-SM/SW-SM

c. (Cota 1,00 a – 3,30m). Nivel compuesto por arenas de diferentes tamaños y en menor cantidad de gravas que el nivel superior. Se observa que presenta dos subdivisiones. Una superior más oscura de unos 50 cm de espesor y otra mayor hasta la base de la excavación, y que continúa aproximadamente hasta la cota – 3,30 m. Clasificación S.U.C.S.: SP-SM/SW-SM

En los sondeos realizados por debajo de la cota – 3 m, se describen suelos SP y SW.

Figura 1: Perfil de calicata en el sector Este de la Ciudad de San Luis, en cercanías del inicio del piedemonte serrano



a. Depósito eólico-fluvial, con una potencia variable hasta la profundidad de – 2,00m, donde lo conforman principalmente arenas de tamaño menor acompañadas de limos, con escasa presencia de gravas. Suelos SP-SM/SW-SM

b. Depósito de origen fluvial por debajo de la cota – 2,00m, donde se intercalan secuencias arenosas, con gravas menores a 10 cm. Suelos SW y SP.

c. Depósitos de escorrentías con mayor energía, que aparece como cuña, dentro de la secuencia areno-gravosa (b), donde deposita clastos y piedra bola de hasta 20 cm. Suelos GW o GP.

Figura 2: Perfil sedimentario en una excavación del centro histórico de la ciudad de San Luis

ESTUDIOS GEOLÓGICOS APLICADOS A LA FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO DE RELLENO SANITARIO URBANO

Sales, Daniel A..; David Aguilera; Carlos Gardini; Aldo Giaccardi; Alberto Basaez y Jorge Chiesa

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
sales@unsl.edu.ar

El presente estudio se realizó para conocer las características del subsuelo, donde se proyecta la construcción de una nueva planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU), en un predio situado sobre la margen norte de la Av. Circunvalación, dentro del ejido municipal de la ciudad de Villa Mercedes.

Los estudios realizados para la factibilidad del proyecto del RSU, consistieron en las descripciones geológica- geomorfológica, geotécnica, geofísica e hidrogeológica.

La zona del proyecto, se enmarca geomorfológicamente dentro de la unidad Áreas de Planicies Loessoide-Medanosa. La sismicidad de la región, presenta un coeficiente sísmico de 0,025 (bajo) (INPRES, 1985).

Los depósitos sedimentarios involucrados hasta 10 m de profundidad, carecen de grava y están conformados por la Fm Fraga (Pleistoceno Tardío), que apoyan mediante discordancia erosiva con la Fm Río Quinto, no reconocida en el área del proyecto. Por encima se encuentran los depósitos eólicos-aluviales de la Fm Barranquita (Pleistoceno Tardío-Holoceno), Fm Puerta Negra (Holoceno Sup.), Fm Algarrobito (Holoceno Sup.) y culmina con suelos actuales (Figura 1a).

Los resultados obtenidos en el análisis granulométrico de las muestras recolectadas en cada formación, a través de tamizado por vía seca y húmeda (Boyoucus), se clasifican según Folk (1974), en "limos" para la Fm Fraga y "arena a arenas limosas" para el resto. En la determinación de carbonatos, los suelos presentan mayor contenido en la Fm Fraga.

Los estudios geotécnicos, consistieron en ensayos "in situ" (SPT), a través de dos sondeos hasta una profundidad máxima de 5 m. En laboratorio, se procesaron las muestras para ensayos de granulometría y límites de Atterberg, con la finalidad de clasificar los suelos según S.U.C.S. y determinar la capacidad portante y estabilidad de las excavaciones (Figura 1b). Complementan los estudios, ensayos de compactación y permeabilidad de los depósitos situados entre las cotas – 4,5 a – 5 m (Tabla 1).

Sondeo Nº	**Cota** (m)	**Nº de golpes-SPT**	**Clasificación S.U.C.S.**	**Tensión Admisible** (kg/cm^2)	**Coef. "K" Permeabilidad** (cm/s)	**Proctor Estándar**	
						Máxima Densidad Seca(gr/cm^3)	**Humedad óp.** (%)
1	4.75 a 5.05	11	**SP** "Arenas mal gradadas", mezcla de arena y grava, con poco contenido en finos"	1,90	1,384x10^{-3} (poco permeables)	1,59	21,0
2	4.25 a 4.55	2		1,53	1,459x10^{-3} (poco permeables)	1,57	20,0

Tabla 1: Síntesis de los resultados geotécnicos realizados en ambos sondeos, para el último nivel de estudio

Los estudios geofísicos, fueron realizados con la finalidad de determinar profundidad de acuíferos que pudieran estar amenazados por el relleno en su etapa de funcionamiento, además de posibilitar la interpretación litológica hasta 100 m de profundidad. El método utilizado fue el de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs), en dos sitios del predio, principalmente por debajo de los 4 m de profundidad, donde empieza aflorar la Fm Fraga, correspondiente a suelos conformados por arenas finas con limos y arcillas, con niveles de carbonatos de hasta el 5 %, que posiblemente sean de menor permeabilidad que el depósito superior correspondiente a la Fm Barranquita.

Las curvas de resistividad aparente obtenidas en cada SEV se integraron en una pseudosección de isorresistividad aparente, donde se identificaron cuatro zonas diferentes (Figura 2).La *zona 1* (0 a 3.5 m), con resistividades muy altas, mayores a 200 Ohm.m, y que corresponde a sedimento de tipo eólico en estado seco. La *zona 2* (3.5 a 10-11 m), con resistividades medias a bajas, que se correlacionaría con sedimentos de origen fluvial, probablemente secos, o con humedad por capilaridad. La *zona 3* (11 a 100 m), se caracteriza por ser sedimentos con alta conductividad, asociado a toscas y arcillas. Estos sedimentos son de poca porosidad y difícilmente puedan constituir acuíferos. Pueden existir intercalaciones de mayor permeabilidad (arenas y gravas) pero con aguas de regular a mala calidad química. Por último, la *zona 4* (a partir de los 100 m), la resistividad aumenta. Este incremento podrías deberse a un aumento en el tamaño de grano (arena-gravas) o la presencia de un sustrato rocoso.

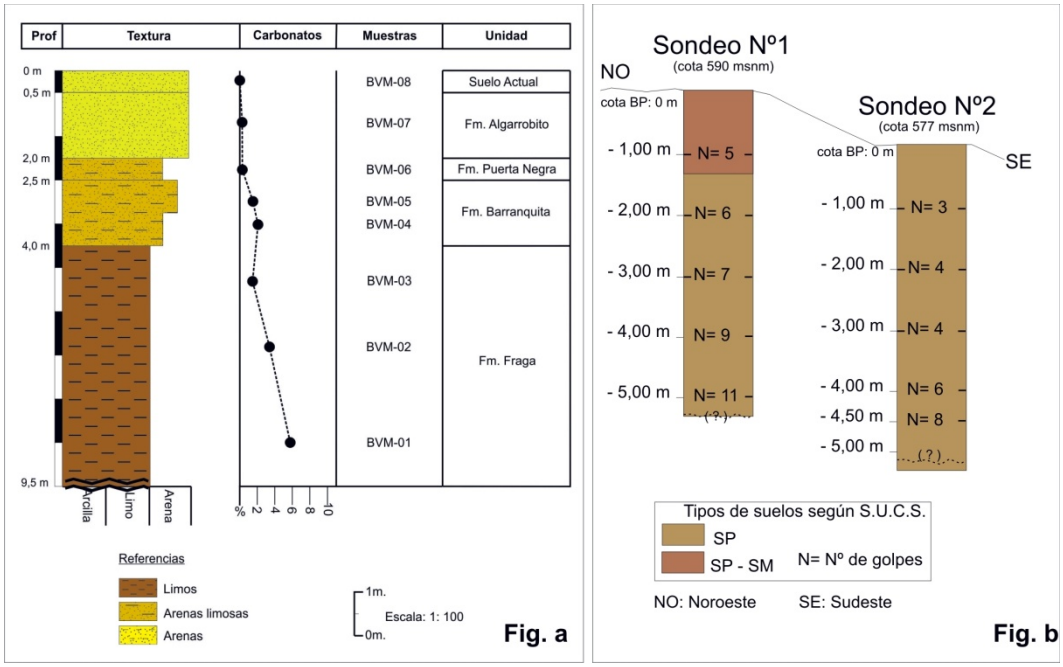
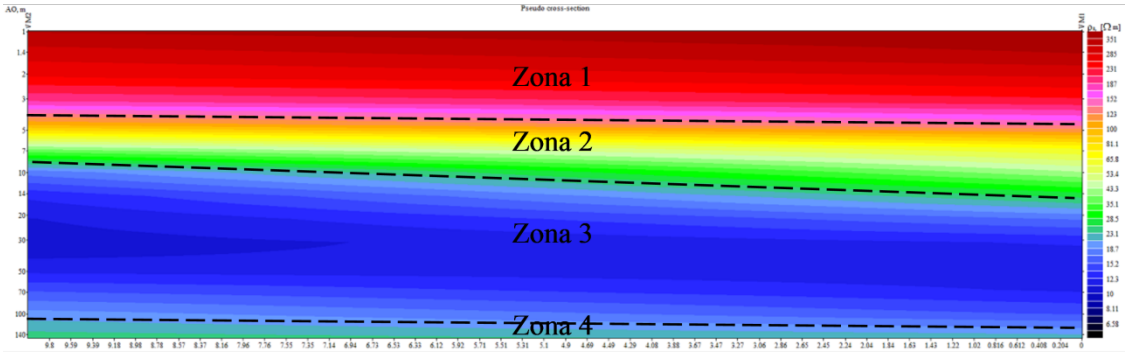


Figura 1: a) Perfil estratigráfico reconocido en el área del proyecto, **b)** Síntesis de los resultados del ensayo SPT y clasificación S.U.C.S. para cada nivel de estudio en ambos sondeos



ZONAS	Profundidad (m)	Resistividad (Ohm.m)	Características
ZONA 1	0 a 3.5	> 200	Sedimentos eólicos secos
ZONA 2	3.5 a 11	20 - 80	Sedimentos fluviales de granulometría fina a media, secos.
ZONA 3	11 a 100	< 20	Sedimentos finos, arcilitas, con algunas intercalaciones de grano medio.
ZONA 4	más de 100	muy alta	Basamento cristalino o fracción de sedimentos muy gruesos: conglomerados

Figura 2: Identificación mediante sondeos eléctricos verticales (SEVs), de cuatro zonas en una pseudosección de isorresistividad aparente

CONCLUSIÓN

Los sedimentos analizados, fueron descriptos como suelos de “poca permeabilidad”, que según la interpretación de los ensayos realizados, el contenido de arcilla y de carbonatos aumentaría a partir de la profundidad de 4,00 m (Fm Fraga). Ello es corroborado por la interpretación geofísica, lo que no posibilitaría la filtración de líquidos lixiviados, aprovechando su migración por la pendiente regional hacia el sur, hasta el nivel de base local (río Quinto), situado a una distancia mínima de 6,3 km del proyecto. En el sector no se reconoció una concentración de agua superficial correspondiente a nivel freático. En caso de existir, sería de muy escasa potencia. Los sondeos SEV, interpretan que podrían existir acuíferos de escaso desarrollo a más de 100 m de profundidad.

En síntesis, con los estudios realizados, se concluye que el predio de estudio es “apto” para el desarrollo del proyecto de instalación y construcción de una nueva planta de RSU.

EVOLUCIÓN MORFODINÁMICA FLUVIAL EN LA SECCIÓN MEDIA DE LA SUBCUENCA RIO NUEVO, SAN LUIS, ARGENTINA.

Leonardo Daniel Rios[+], Guillermo W. Ojeda[+], Victoria A. Marchesini*.
[+]*Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, San Luis.*
**GEA (Grupo de Estudios Ambientales) IMASL-CONICET, San Luis.*
riosleonardodaniel@gmail.com

Desde hace aproximadamente 30 años, la zona conocida como "la cuenca de El Morro" en la provincia de San Luis se ha visto afectada en forma creciente por el desarrollo de procesos erosivos por carcavamiento que en una evolución extraordinariamente rápida, han originado en la última década nuevos cursos fluviales. Esta problemática ha sido motivo de varios estudios que intentan explicar sus causas (Barbeito, 2010; INTA-EEA SAN LUIS, 2010; Contreras *et al.* 2013; Forman *et al.* 2014; Jobbágy *et al.* 2015). A partir del año 1990 y en el lapso de 18 años el carcavamiento en el sector oriental del piedemonte del cerro El Morro dio lugar al nacimiento del río Nuevo (año 2008) que en la actualidad cuenta con carácter permanente. Este proceso geomorfológico acelerado, ha convertido al área en una zona de gran interés tanto para el conocimiento básico como aplicado teniendo en cuenta que la generación de nuevos cursos fluviales provoca diversos problemas tanto a la infraestructura como a los productores de la cuenca a través de la modificación significativa del paisaje. El presente trabajo es parte de uno de mayor envergadura y tuvo por objetivo realizar una caracterización geomorfológica a escala de detalle del rio Nuevo, con énfasis en la morfodinámica y su evolución temporal.

Mediante la utilización del programa QGIS e imágenes de Google Earth® y de la plataforma www.digitalglobe.com se realizó un mapeo geomorfológico de detalle y se complementó con el control y la toma de datos en el terreno. También en base a imágenes obtenidas de dichas plataformas para los años 2003, 2007, 2009, 2013, 2016, se realizó un análisis multitemporal de la evolución del río Nuevo (ver Figura 1).

Las mediciones realizadas en campo permitieron determinar una incisión máxima del valle de 16 metros en el tramo medio (punto 1, Figura 1). En este sector se identificaron cuatro niveles de terrazas (0, 1, 2, 3) con desniveles de 3 a 4 metros en promedio sin continuidad lateral a lo largo del valle y en base a sus características se clasificaron en terrazas de meandros, no apareadas y asimétricas.

Las laderas del valle están constituidas por sedimentos finos que desde la base hacia el sector medio pasan de arena mediana a gruesa, masivas, a arenas-limosas con niveles laminados y finalmente limos, masivos, que culminan con el desarrollo de un paleosuelo de 0,9 metros de espesor. En general este paleosuelo se encuentra cubierto por sedimentos actuales (arenas fluviales y loess retrabajados). Estos depósitos de elevada erodabilidad, forman mantos sedimentarios que integran la Planicie Medanosa (González, Díaz, 1981) referida al Cuaternario. En varios tramos del rio Nuevo la profundización del cauce ya ha alcanzado un substrato rocoso ígneo-metamórfico con niveles de calcretes en el tope de gran resistencia a la erosión.

A modo de conclusión y en base a los datos obtenidos inferimos un sistema fluvial donde, luego de su rápida profundización, comienza a erosionar lateralmente el valle debido a la presencia del substrato rocoso. Teniendo en cuenta la alta erodabilidad de los sedimentos que constituyen las laderas, pronosticamos un ensanchamiento del valle y el desarrollo de surcos y cárcavas en las laderas. Además todo el sistema ira expandiéndose por acción de la erosión retrocedente hacia los bordes de la cuenca. La presencia de substratos resistentes, favorecerá el desarrollo de saltos o cascadas típicas de un curso juvenil tendiendo a su equilibrio con respecto al nivel de base de erosión. Estas afirmaciones podrán ayudar en la planificación de obras de protección y prevención para lo cual, además de un mapa de riesgo de erosión de detalle, serían convenientes estudios hidrológicos más avanzados con el fin de determinar los caudales de crecidas futuras para diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta además el factor clima y uso del suelo.

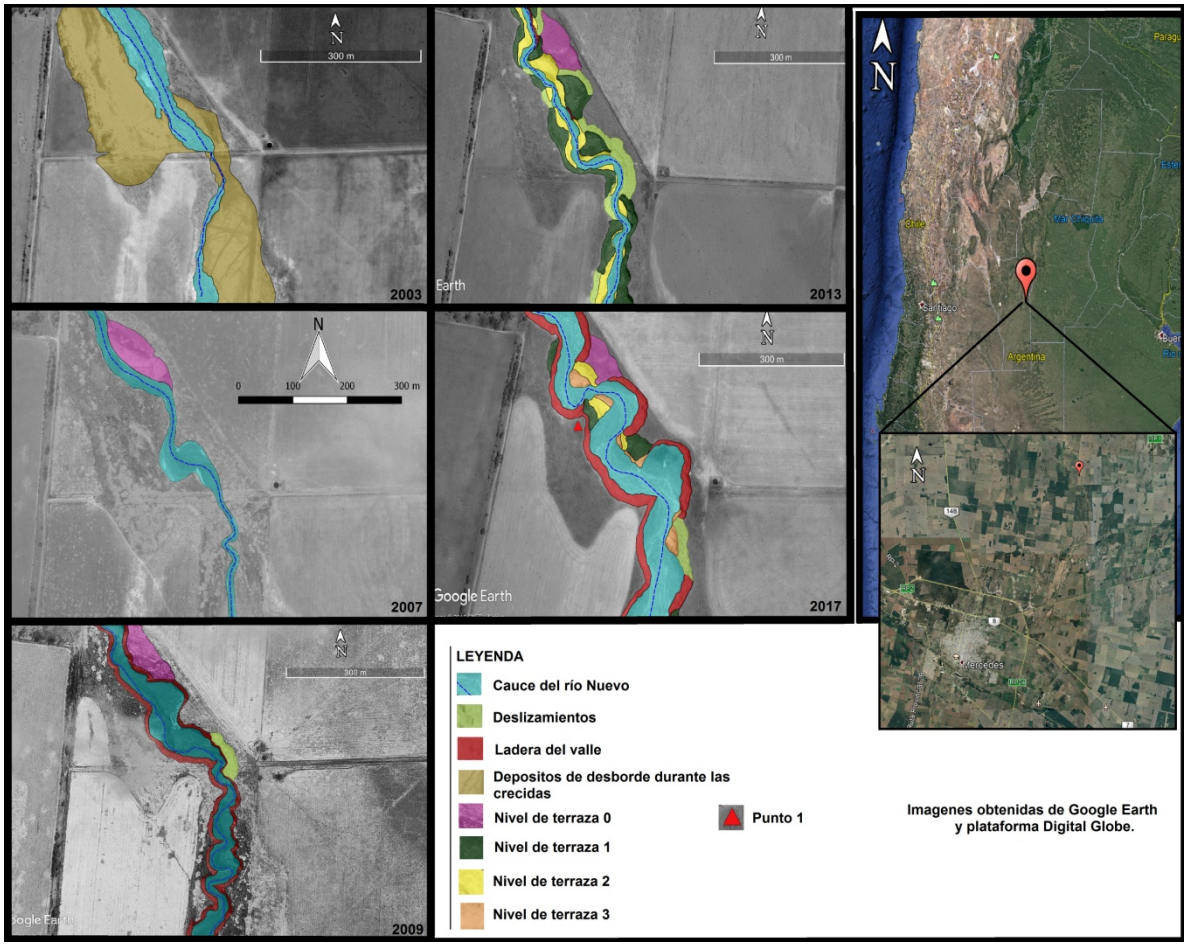


Figura 1; Rio Nuevo en la provincia de San Luis, detalle de los niveles de terrazas identificados (0,1, 2, 3) en imágenes satelitales desde 2009 a 2017, el punto 1 de referencia con coordenadas 33° 31' 11,85" S y 65° 20' 11,86" W.

DEFINICIÓN DE UNIDADES AMBIENTALES EN EL SECTOR ESTE DEL PERIURBANO DE LA CIUDAD DE RIO CUARTO

M. Grumelli[1]; A. Becker[1,2] y J. Ossana[3]

[1] *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.*
[2]*Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María.*
[3]*Consultor Geológico.*
mgrumelli@exa.unrc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se ubica en el sector centro sur de la provincia de Córdoba, República Argentina, en el departamento Río Cuarto, específicamente en las coordenadas 33°07´34´´S - 64°19´53´´O y 33°07´43´´S - 64°16´43´´O. Comprende un área de 14 km^2, el 70% de la misma corresponde al sector rural y periurbano de la ciudad y el 30% al urbano. El objetivo de este trabajo es definir unidades ambientales, como herramienta de base para realizar la planificación territorial del sector este del área urbana y periurbana de la ciudad de Río Cuarto. Las unidades ambientales fueron corroboradas a campo, a partir de una grilla de muestreo. Estas unidades ambientales se basaron principalmente en las características litológicas, pedológicas, geotécnicas, estructurales y morfológicas, entre otras. Además se realizó un relevamiento del uso actual del territorio.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

El área de estudio está comprendida en la provincia Geológica "Llanura Chaco Pampeana", la cual es una extensa planicie donde los principales rasgos geomorfológicos están vinculados con el control estructural por parte de las megaestructras meridianas y submeridianas, asociadas a aquellas de rumbo Este-Oeste y en menor grado a las de rumbo N 320º y N 60º (Cantú y Degiovanni, 1984). Por otra parte, los grandes ciclos geomorfológicos vinculados a los diferentes climas generados durante el Cuaternario, y muy especialmente durante el Pleistoceno superior y el Holoceno, han determinado grandes ambientes geomorfológicos donde dominan procesos fluviales, fluvio-palustres y eólicos que determinan las litologías expuestas en la actualidad, los principales rasgos geomorfológicos y las grandes unidades de suelos (Cantú, 1992, Degiovanni et al. 2005; Grumelli, 2010).

Los sedimentos y los suelos presentes muestran claramente que las condiciones ambientales han fluctuado entre períodos húmedos y períodos áridos (Cantú, 1998). Durante los períodos húmedos han predominado la pedogénesis y la incisión de fajas fluviales, mientras que los períodos más áridos están caracterizados por la deposición de un manto loessico con aluviales efímeros, y una re movilización posterior de arenas formando médanos longitudinales. Los suelos más evolucionados estarían vinculados a los materiales aluviales y los suelos de moderado a escaso desarrollo a los materiales eólicos (Cantú, 1992 y 1998; Degiovanni y Cantú, 1997; Grumelli y Cantú, 2006; Degiovanni, 2008; Grumelli, 2010).

Para el sector de estudio, Degiovanni *et al*. (2015) han observado una sinuosidad muy baja, con meandros rectangulares sobre calcretas, con mínima a nula migración lateral, el aluvión de fondo es más potente y de textura areno-gravosa por los aportes de los ríos Las Cañitas y La Invernada. La relación ancho/profundidad es muy baja en los segmentos incididos y se incrementa localmente en algunos tramos de agradación donde además se generan barras centrales y laterales.

Climáticamente la región presenta un clima mesotermal subhúmedo-húmedo con temperaturas medias de 16,5 C y precipitaciones medias anuales de 856,3 mm concentradas en primavera-verano (Serie Universidad Nacional Rio Cuarto).

USO ACTUAL DEL TERRITORIO

Se realizó un relevamiento de usos actuales del territorio, a partir del cual se pudo observar que en el sector rural y periurbano actualmente se llevan a cabo actividades de extracción de áridos, actividades agroindustriales como acopio de cereales y agricultura-ganadería mixta con horticultura subordinada. El sector urbano se caracteriza por presentar edificaciones diversas correspondientes a viviendas, comercios e industrias y gubernamentales. Parte del sector urbano, sobre la faja fluvial del río Cuarto, funciona como un depósito de residuos sólidos urbanos y escombrera no habilitado.

UNIDADES AMBIENTALES

Se definieron dos unidades ambientales:

1. Faja del rio Chocancharava
2. Planicie Fluvio-eólica.

Sobre cada una de estas unidades se definieron distintas subunidades ambientales:

- *Faja del río Chocancharava*: esta unidad, con un ancho que varía entre 500 m y 1000 m, está compuesta por morfologías que representan ajustes del sistema a cambios climáticos, eventos

neotectónicos y actividad antrópica de edad Holocena Superior-Actual. En el sector de estudio, el río Chocancharava corre en dirección este, con cauce de baja a moderada sinuosidad controlado por estructuras tectónicas y presentando tres niveles de terrazas. Dentro del área urbana analizada, cuenta con un puente carretero, un puente ferroviario y un azud; mientras que en el área periurbana cuenta con un puente carretero sobre Ruta Nac N°8. En el área urbana existe un ex basural que actualmente es utilizado como depósito de escombros no autorizado.

El cauce actual del río tiene un diseño variable, desde rectilíneo a meándrico de baja sinuosidad, con fuerte control estructural e incisión de la faja fluvial. Sobreimpuesto a este patrón presenta un diseño entrelazado, compuesto por barras móviles de composición areno-gravosa. En el sector periurbano este se utiliza como cantera para extracción de áridos. En el sector urbano es utilizado para fines recreativos, especialmente en cercanías del puente carretero.

La Llanura de inundación comprende el área adyacente al curso del río que puede quedar inundada durante crecidas ordinarias. Posee una morfología variable ya que el curso del río Cuarto posee una dinámica muy activa. Presenta desarrollo edáfico incipiente (Fluvents y Acuents). La intervención antrópica es alta debido a plantación de sauces, canales rectificadores (puente Juan Filloy, cercanías de UNRC y azudes), obras de defensa (margen norte) y obras de infraestructura recreativas, entre otras.

Los niveles de terrazas 2 y 3 son los más modernos y de menor superficie, presentan morfologías que indican una importante migración de canales meandriformes y están constituidos por una sucesión de barras en espolón y surcos asociados, con paleocanales sinuosos y llanuras de inundación que reflejan una dinámica fluvial similar a la actual. En general están compuestas por materiales areno-gravosos. Se llevan a cabo actividades de extracción de áridos tanto en área urbana como periurbana y se encuentran parcialmente ocupadas por asentamientos urbanos.

La terraza 1 es la más antigua y de mayor expresión areal, presenta un relieve bastante plano en el que dominan ambientes de llanura de inundación, reconociéndose paleocanales de poca envergadura. Dominan materiales arenosos finos-pelíticos, con importante contenido de materia orgánica y un buen desarrollo edáfico. Esta unidad es la más intervenida por el hombre, ya sea por explotaciones frutihortícolas y urbanización.

- *Planicie fluvio-eólica*: Localmente el relieve es ondulado, se reconocen paleocanales que permanecen secos la mayor parte del año y poseen una importante cubierta de materiales eólicos. Presenta suelos de moderado grado de desarrollo sobre sedimentos aluviales (Hapludoles y Udifluventes) y de menor desarrollo sobre sedimentos eólicos (Hapludoles típicos y énticos). Corresponde mayormente al área urbana de la ciudad y en el sector periurbano se realizan actividades agroindustriales y de servicios.

CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado en el área de estudio, se reconocen diferentes unidades ambientales, sobre cada una de las cuales es necesaria una planificación urbana-periurbana inmediata para evitar la degradación ambiental. El actual crecimiento desordenado de la ciudad en el sector ha provocado asentamientos en zonas periurbanas, al margen del código de planeamiento. Así mismo, y debido a la alta variabilidad espacial de los suelos y sus propiedades físicas, se hace necesaria una zonificación del sector a fines de conocer las limitaciones geotecnias de los suelos que permitirá una mejor planificación territorial.

Esta planificación territorial en el sector Este de la ciudad de Río Cuarto, es imprescindible a fines de controlar el crecimiento sustentable de la misma y de las actividades agrícolas-ganaderas, agroindustriales, de servicios y de extracción de áridos en los sectores periurbanos, todo ello acorde a la capacidad de uso del territorio y en coherencia con las normativas ambientales vigentes.

REFERENCIAS

Bonacci C., Chiodin V., Grumelli M y A. Becker. 2016. Diagnóstico del medio físico como herramienta para la planificación del sector oeste del periurbano de la ciudad de rio cuarto. Actas XX Congreso geológico Argentino, Tucumán: 25-30

Cantú, M.P., 1992. Provincia de Córdoba. En: M. Iriondo (Ed.) El Holoceno en la Argentina. Editorial CADINQUA, 1:1-16, Paraná.

Cantú, M.P., 1998. Estudio geocientífico para la evaluación ambiental y ordenación territorial de una cuenca pedemontana. Caso: cuenca del Arroyo La Colacha, Dpto. Río Cuarto, prov. de Córdoba. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto 376 pp. (Inédito).

Cantú, M.P. y S.B. Degiovanni, 1984. Geomorfología de la región centro-sur de la provincia de Córdoba, República Argentina. IX Congreso Geológico Argentino Actas IV: 76-92.

Degiovanni, S., M. Villegas, M. Blarasín y G. Sagripanti. 2005. Hoja Geológica 3363-III Rio Cuarto. Programa Nacional de Cartas Geológicas – Secretaria de Minería de la Nación. ISSN 0328-2333.

Degiovanni, S.B., 2008. Análisis geoambiental del comportamiento de los sistemas fluviales del Sur de Córdoba, en especial del Aº Achiras-del Gato, como base para su gestión sustentable. Tesis Doctoral. Dpto. de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, 597 pp. (Inédito).

Grumelli M., 2010. Génesis y relaciones paleoclimaticas de los suelos de la colonia Nueva Sampacho, Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. Un aporte al estudio del cambio climático global. Tesis Doctoral. Trabajo inédito. UNRC. 198pp (Inédito).

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA DETERMINAR LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE LA QUEBRADA, SAN LUIS.

H. Daniel Gómez, C. Gabriel Tognelli, Jael Aranda y Nahuel Duran
Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San
dgomez@unsl.edu.ar

El problema principal que enfrentan hoy los municipios en la provincia de San Luis, es el crecimiento desordenado sin planificación y sin respetar las normativas vigentes. El repentino y explosivo avance de los negocios inmobiliarios sin un Ordenamiento del territorio pone en riesgo cientos de vidas humanas que hoy habitan en zonas que son susceptibles a sufrir procesos de inundación y de remoción en masa. La alta pendiente serrana del sector, en conjunción con los fenómenos naturales (sismos, lluvias intensas), ocasionan la inestabilidad de laderas y taludes, generando caídas de rocas y flujos de detritos, siendo estos transportados por el agua a través de los arroyos que bajan de la ladera, en algunos caso atravesando distintos ejidos municipales, como el de Villa de la Quebrada.

Se observa cada vez con mayor intensidad, la intervención del hombre mediante construcciones cerca de los cauces naturales o en la zona de quiebre de pendiente serrana, sin analizar el riesgo que corre ante un evento natural extremo. Estos problemas llevan a trabajar en el marco de concientización del uso del territorio, aportando a la planificación y prevención sustentable del medio ambiente de la Villa en cuestión.

Se presentan en este trabajo los primeros resultados obtenidos de diferentes procesamientos y clasificaciones de imágenes de alta resolución realizados con los datos basados en técnicas de tratamiento digital y GIS (QGIS 2.18), en torno a la susceptibilidad a sufrir procesos de remoción en masa en el Municipio de Villa de la Quebrada, de la provincia de San Luis.

El municipio de Villa de la Quebrada se encuentra a 38 kilómetros al norte de la ciudad capital de San Luis. Se accede por la Autopista 25 de mayo (ruta del alto), o por la ruta nacional N° 146 (ruta del Bajo), desde la ciudad de la San Luis. La población de 1200 habitantes aproximadamente se distribuyen en 4 parajes; Los Molles, Suyuque, El Milagro y villa de la Quebrada.

El relieve es el característico de las Sierras Pampeanas, de suave pendiente al este, debido a la larga erosión que ha sufrido toda la región anterior al levantamiento terciario, y hacia el oeste presenta las irregularidades altimétricas más marcadas. El relieve fundamentalmente está controlado por dos grandes dominios “el de la Sierra y el de la Llanura”, a la vez influenciado por las variadas geoformas presentes.

La vegetación es variable; en el monte serrano existe vegetación arbórea que prospera entre cotas de 800 y 1400 msnm. Por debajo de los 800m sobre la falda de la sierra encontramos espesos matorrales y por encima de los 1400m la vegetación es de tipo pastizal de altura.

El área corresponde a la provincia geológica de Sierras Pampeanas. Está compuesta litológicamente por un basamento cristalino que contiene rocas metamórficas, granitos y migmatitas con edades que van desde el Precámbrico hasta el Paleozoico Inferior.

La geomorfología responde a un control estructural conocido como “Estructuras de Bloques y Depresiones”. La zona de estudio estaría comprendida dentro una subdivisión geomorfológica por: Serranías (ladera occidental) y Piedemonte (González Díaz, 1981).

Los cursos de ríos presentan comportamientos diferentes según época de estiaje o no. Estos cursos de agua serrana son frecuentemente de altas pendientes, se encuentran encajonados en abruptas gargantas y están controlados por la litología y/o estructuras. El patrón de drenaje es dendrítico en la parte alta de la sierra y subdendrítico en la parte de menor pendiente.

Utilización de Sistema de Información Geográfica QGIS en versión 2.18, Se digitalizaron los diferentes componentes del paisaje. Se sistematizo la información diferenciando 8 coberturas (urbano, urbano-rural, rural, periurbano, drenaje, terrazas fluviales, red eléctrica, bosque nativo, obras de infraestructura, lugares relevantes), Mapa Geológico, mapa geomorfológico, mapa de vegetación, modelo digital de elevación (DEM), mapa de pendientes.

Una vez obtenidos los mapas, se asignaron valores de peso a cada clase a los efectos de obtener una calificación cualitativa y/o cuantitativa de cada uno de mapas ponderados

Pendientes

Pendientes	Pendiente en %	Valores reclasificados
Muy baja	Menos de 10%	1
Baja	11 y 21 %	2
Moderada	22 y 31%	3
Alta	Más de 32 %	4

Vegetación

Unidad		Valores reclasificados
Matorrales	Baja	1
Arbórea	Media	2
Pastizales	Alta	3

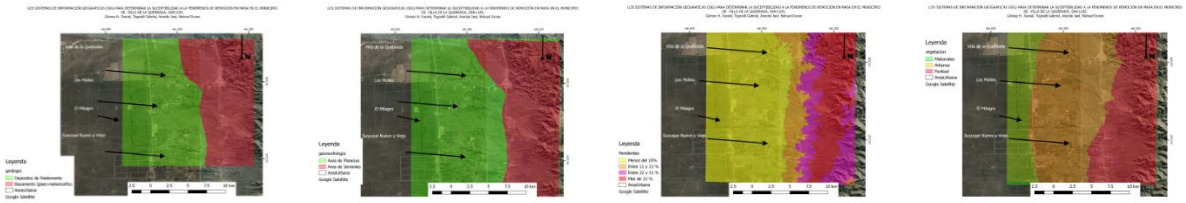
Geología

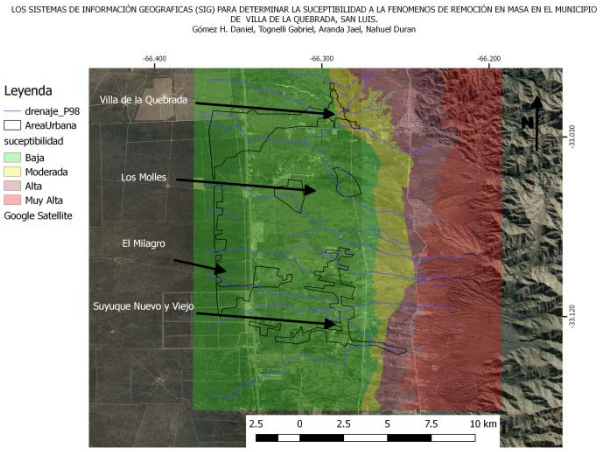
Unidad		Valores reclasificados
Depósitos de Piedemonte	Baja	1
Basamento Cristalino	Alta	1

Geomorfología

Unidad		Valores reclasificados
Planicies	Baja	1
Serranías	Alta	2

La combinación y reclasificación de los mapas de peso da como resultado un mapa final que muestra las áreas de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa.





Conclusión

La sistematización de la información ambiental del municipio de Villa de la Quebrada permitió en un primer análisis, definir áreas con mayor o menor grado de susceptibilidad a sufrir procesos de remoción en masa. Se observa claramente un avance de las zonas urbanizadas a áreas que presentan un mayor grado de susceptibilidad con el consecuente riesgo que ello implica.

Referencias

González Díaz, E. 1981 “Geomorfología de la provincia de San Luis”, Relatorio del VIII Congreso Geológico Argentino, pp (193-236).
Software utilizado, QGIS. 2.18

UNA COSTA IMPACTADA: INVENTARIO DE INTERVENCIONES COSTERAS EN EL CARIBE COLOMBIANO E IMPLICACIONES AMBIENTALES

Cristina Pereira[1], Diego Madrid[1], Ivan Correa[1], Enzo Pranzini[2], Camilo M. Botero[3]

[1] Universidad EAFIT, Medellín – Colombia
[2] Playas Corporación, Santa Marta – Colombia
[3] Univerista di Firenze, Florencia – Italia
cpereira@eafit.edu.co

Múltiples intervenciones humanas tienen lugar en las zonas costeras, pero raramente el impacto ambiental de la mayoría de estas se evalúa de manera sistemática. Colombia a pesar de contar con dos litorales en el Mar Caribe y uno en el Océano Pacífico, la regulación de las actividades en zonas costeras solamente recae sobre dos políticas, con una baja implementación a nivel nacional (Avella et al., 2009; Botero and Sosa, 2011). Adicionalmente, el control de las intervenciones costeras está distribuido en diversos procedimientos administrativos, que dificultan las evaluaciones ambientales de manera holística.

Con el fin de identificar las principales intervenciones humanas afectando la zona costera, se realizó un inventario a lo largo de la costa Caribe continental de Colombia a través de la observación sistemática de imágenes de Google Earth entre los meses de febrero y junio de 2017. Un listado exhaustivo de tipos de intervenciones (~ 50) se utilizó de referencia para el inventario, derivado del esquema de usos y actividades en la zona costera propuesto por Botero et al. (2014). Por su parte, Google Earth proporcionó fácil acceso a numerosas imágenes satelitales del área de estudio con suficiente calidad para observar el relieve de la tierra e identificar unidades geomorfológicas intervenidas por el hombre. Servicios de imágenes complementarios, como Nokia, Bing o ESRI, se utilizaron para las zonas en que el banco de imágenes de Google no presentaba vistas despejadas. Dentro de las herramientas del software Google Earth Pro utilizadas para el inventario se encuentra la marca de posición, para georreferenciar las intervenciones, y el historial de imágenes y el Street-view, para identificar y diferenciar tipos de intervenciones.

En total, se registraron más de 4,000 marcas de posición que permitieron georreferenciar 2,742 intervenciones humanas distribuidas en 29 tipologías. Un sistema de códigos alfanuméricos fue utilizado para registrar el consecutivo de las intervenciones identificadas y la entidad geométrica por cada una de las 5 unidades ambientales costeras del Caribe colombiano continental (MMA, 2000). Los tipos de intervención más frecuentes en el área de estudio fueron los asentamientos de baja densidad (n=971), espolones (n=738) y asentamientos de lujo (n=188). Asimismo, se evaluó el impacto ambiental unitario (IAU) de cada tipo de intervención a partir de su extensión, intensidad, reversibilidad y pertinencia, además de la frecuencia de aparición de la respectiva tipología para estimar el impacto ambiental total (IAT). Como referencia conceptual para diferenciar la escala y dimensión de los atributos en la evaluación ambiental se utilizaron 21 procesos costeros sintetizados a partir de Schwab (2013), Pranzini (2008), Masselink & Hughes (2003) y Morton & Pieper (1977).

Tres de las intervenciones humanas más impactantes fueron las mismas con la frecuencia de aparición más alta (tabla 1). Las tipologías asociadas con asentamientos de alta densidad o infraestructura vial presentaron valores de impacto ambiental más elevados que otros tipos de intervenciones más frecuentes (ej. asentamientos de lujo o acuacultura). Adicionalmente, los valores más altos del impacto ambiental potencial estimado se encontraron con obras de infraestructura, como rompeolas y muros, además de la minería. Sin embargo, ninguno de estas tipologías se encuentra dentro de las diez más impactantes del total de 29 intervenciones identificadas en el área de estudio.

Finalmente, analizando la reglamentación ambiental colombiana respecto a las intervenciones inventariadas, se encuentra que el proceso de licenciamiento ambiental en Colombia regula menos de la mitad de las intervenciones con influencia en la zona costera (Pereira et al., in press). Existen actual mente 43 términos de referencia formulados desde el 2006 para guiar la elaboración de los estudios técnicos ambientales que soportan el proceso de licenciamiento ambiental; sin embargo, estos han sido catalogados como genéricos y sin mayor especificidad en el tipo de intervención o sector económico al que están dirigidos (Toro et al., 2010). No obstante, la debilidad más grande del proceso de licenciamiento ambiental en Colombia recae en la falta de distinción que realizan sus términos de referencia sobre el tipo de ambiente en el que se localiza un proyecto.

En conclusión, el proceso de licenciamiento ambiental en Colombia debería incluir más intervenciones costeras y fortalecer el procedimiento con métodos novedosos capaces de evaluar la longitud y la amplitud de las dinámicas costeras. Se recomienda que los términos de referencia en Colombia se acompañen de mapas de susceptibilidad al efecto de intervenciones humanas, soportados en un modelo conceptual que cruza los procesos naturales que influyan en un tipo de ambiente con las intervenciones más frecuentes y probables en ese entorno. Para el caso de ambientes costeros, los resultados de este estudio representan una contribución pertinente debido a la identificación de las intervenciones con efecto en las zonas costeras más probables y relevantes en Colombia. Este enfoque metodológico sería también un instrumento útil para los procesos de planificación y ordenamiento territorial marino-costero.

TIPO DE INTERVENCIÓN	Frecuencia			Impacto Ambiental Unitario (IAU)				Impacto Ambiental Total (IAT)		
	#	%	ORD	units	%	ORD		units	%	ORD
Asentamientos humanos de baja densidad	971	35,4%	**1**	0,16	1,4%	**28**		151,72	18,4%	**2**
Espolones	738	26,9%	**2**	0,41	3,6%	**13**		299,81	36,3%	**1**
Asentamientos de lujo con muelle	188	6,9%	**3**	0,38	3,3%	**14**		70,50	8,5%	**3**
Asentamientos de lujo (simples)	145	5,3%	**4**	0,34	3,1%	**17**		49,84	6,0%	**4**
Turismo de naturaleza	99	3,6%	**5**	0,13	1,1%	**29**		12,38	1,5%	**14**
Infraestructura vial	62	2,3%	**6**	0,50	4,4%	**4**		31,00	3,8%	**5**
Uso gropecuario	62	2,3%	**7**	0,28	2,5%	**21**		17,44	2,1%	**11**
Acuacultura	61	2,2%	**8**	0,38	3,3%	**15**		22,88	2,8%	**7**
Turismo de sol y playa (instalaciones)	57	2,1%	**9**	0,34	3,1%	**18**		19,59	2,4%	**10**
Rompeolas	56	2,0%	**10**	0,47	4,2%	**10**		26,25	3,2%	**6**
SUM		*89%*			*30%*				*85%*	

ORD significa el orden o posición de la tipología entre las 29 identificadas según la estimación respectiva.

Tabla 1. Tipos de intervenciones más impactantes en la costa continental del Caribe Colombiano

REFERENCIAS

Avella, F., Burgos, B., Osorio, A., Parra, E., Vilardy, S., Botero, C., Ramos, A., Mendoza, J., Sierra, P., López, A., Alonso, D., Reyna, J., Mojica, D., 2009. Gestión del litoral en Colombia. Reto de un país de tres costas, in: Arenas, P., Chica, A. (Eds.), Manejo Costero Integrado Y Política Pública En Iberoamérica: Un Diagnóstico. Necesidad de Cambio. Red Iberoamericana en Manejo Costero Integrado, Cádiz, España, pp. 175–209.

Botero, C.M., Tosic, M., Calderón, H., Niño, D., 2014. Ordenamiento del golfo de cupica (Pacífico colombiano) como ejemplo de gestión costera integrada a escala local. Boletín Científico CIOH 105–122.

Botero, C., Sosa, Z., 2011. Propuestas para la gestión litoral de un país con tres costas: Colombia, in: Barragán, J.M. (Ed.), Manejo Costero Integrado Y Política Pública En Iberoamérica: Propuestas Para La Acción. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz, España, pp. 139–157.

Masselink, G., Hughes, M., 2003. Cosatal Processes and Geomorphology. Hooder Arnold, London.

MMA. 2000. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de las Zonas Costeras e Insulares de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá D.C.

Morton, R., Pieper, M., 1977. Shoreline changes in Mustang Island and North Padre Island (Aransas Pass to Yarborough). Geol Circ 77, 45.

Pereira, C., Botero, C., Correa, I., Pranzini E. (in press). Seven good practices for the environmental licensing of coastal interventions: learnings from the Italian, Cuban, Spanish and Colombian regulatory frameworks and insights on coastal processes. Environmental Impact Assessment Review (in press).

Pranzini, E., 2008. La foma delle coste – Geomorfologia costiera impatto antropico e difesa dei litorali, 5th ed. Zanichello editore S.p.A., Bologna.

Prothero, D., Schwab, F., 2013. Sedimentary geology - An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy, 3rd ed. W. H. Freeman and Company, New York.

Toro, J., Requena, I., Zamorano, M., 2010. Environmental impact assessment in Colombia: Critical analysis and proposals for improvement. Environ. Impact Assess. Rev. 30, 247–261.

CARACTERIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN COSTERA EN LA LOCALIDAD DE MONTE HERMOSO

Martín M. Nuñez Igarzabal[1], Juan Nahuel Lamas [1], Rubén López[1,2,3] y Silvia Marcomini [1,2]

[1] Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología. Buenos Aires, Argentina.
[2] CONICET – Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Argentina.
[3] Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV).

martin.mr1367@gmail.com

Introducción

La localidad balnearia de Monte Hermoso, cabecera del partido homónimo del sur de la provincia de Buenos Aires, ubicado a 110 km de la ciudad de Bahía Blanca y a 50 km de la ciudad de Coronel Dorrego (Figura 1), es uno de los principales centros turísticos de la región dada por sus extensas playas de aguas cálidas. El objetivo de este estudio es evaluar, a través del relevamiento de perfiles de playa, las morfologías de playa y determinación de parámetros morfométricos con el fin de establecer una herramienta que permita la caracterización de susceptibilidad a la erosión costera.

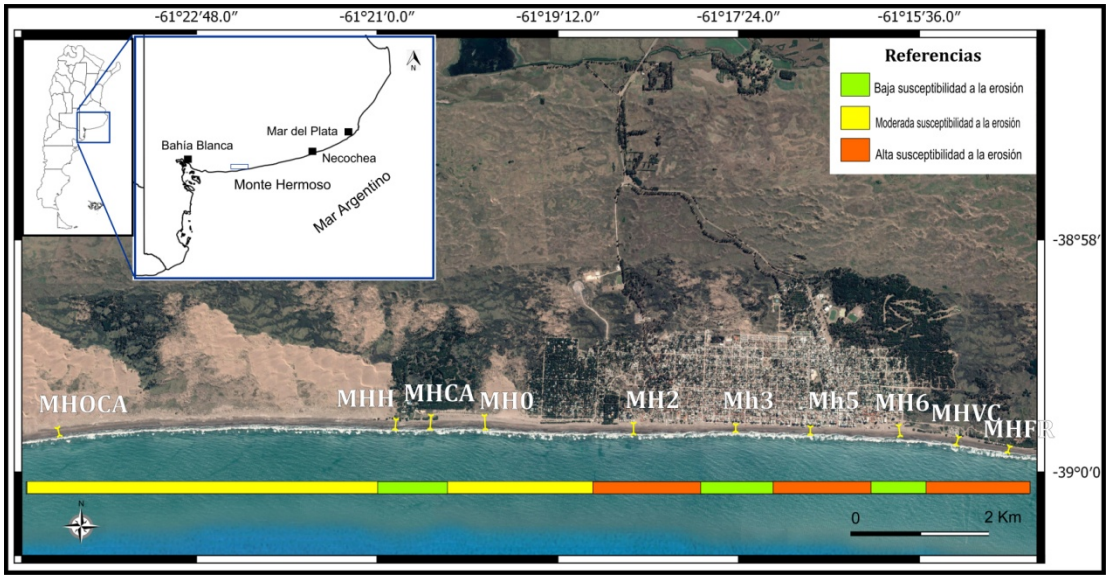


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y zonificación de susceptibilidad a la erosión costera

Antecedentes

Caló (2005) y Ángel (2009) realizaron estudios de geomorfología y balance sedimentario de playa en Monte Hermoso, aportando medidas de manejo costero para la problemática ambiental de la localidad. Posteriormente, Di Martino (2014) estudia el recurso hídrico subterráneo y plantea estrategias de gestión integrada para su uso.

Metodología

Se relevaron 10 perfiles de playa a lo largo de la costa utilizando una estación total referidos a un punto fijo que se georeferenció con GPS. En cada perfil se relevaron las morfologías presentes de los distintos subambientes de playa y campo de dunas.

En base a los datos relevados por los perfiles de playa y su evaluación, se zonificó el frente costero bajo estudio y se confeccionó un mapa de susceptibilidad a la erosión de la localidad balnearia (Figura 1).

Resultados

Del análisis de los 10 perfiles relevados, se designó 3 grados de susceptibilidad a la erosión en base a las morfologías presentes basado en la presencia de bermas, barras y desarrollo de la playa distal. Se escogieron tres perfiles de playa correspondientes a cada grado de susceptibilidad, MH6, MH0 y MHVC (baja, moderada y alta respectivamente), que representan el comportamiento de la dinámica costera del área en estudio (Figura 2). El perfil MH6 presenta geoformas de barra de lavado y berma, con un ancho de playa distal de 89,5 metros. El perfil MH0 (moderada) presenta una berma y a su vez dos niveles de afloramientos, con un ancho de playa distal de 81,3 metros. El perfil MHVC (alta) no presenta morfologías de acumulación como bermas o barras, con playa distal de 26,2 metros.

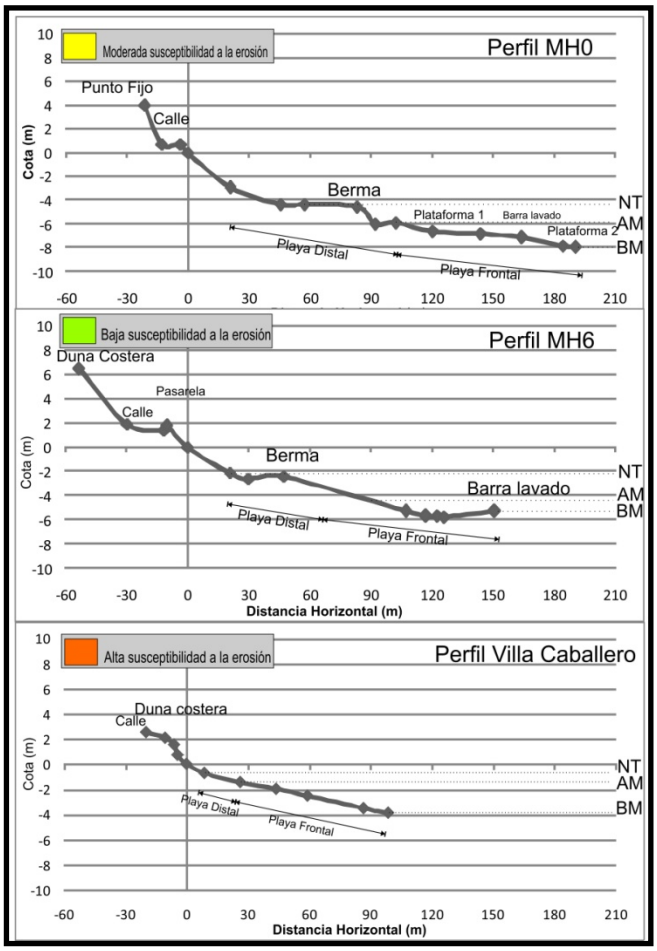


Figura 2. Perfiles de playa tipo de distintos grados de susceptibilidad a la erosión

Conclusiones

A través del relevamiento de perfiles de playa y evaluación de las morfologías y subambientes de playa, se desarrolla una herramienta cualitativa, que permite establecer los grados de susceptibilidad a la erosión de costa y playa. En el perfil MHCV, de alta susceptibilidad, se infiere una mayor influencia antrópica en la zona con la presencia de una avenida costanera, desagües pluviales y forestación sobre el estado natural del paisaje, resultado de una interrupción sedimentaria entre playa y duna.

El perfil MH0, se clasifica de moderada susceptibilidad al distinguirse una berma y una barra de lavado aunque a su vez también presenta dos niveles de afloramientos.

En el perfil MH6 si bien actualmente no se registra una erosión intensa, se ubica en una zona donde la urbanización se encuentra en plena ampliación, entre dos sectores de playa de alta susceptibilidad siendo importante un control de preservación para un futuro.

Referencias

Di Martino, Claudia, 2014. Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, República Argentina. Tesis

de Maestría en Ingeniería Ambiental.
Marcos, Ángel; Caló, Jorge; Fernández, Elba, 2010. Problemática ambiental de la localidad costera de Monte Hermoso. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, N°25,67,76, 2010. Buenos Aires.
Patrick A. Hesp, 2013. Conceptual models of the evolution of transgressive dune field systems. Geomorphology 199 (2013) 138–149.
Federico Ignacio Isla*, Luis Cortizo, Alejandra Merlotto, German Bertola, Melisa Pontrelli Albisetti, Cecilia Finocchietti, 2017. Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management policy revisited.

APLICACIÓN DE CRITERIOS AMBIENTALES A LA GESTIÓN Y GOBERNANZA DE PLAYA EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDÓN. EFECTOS JURÍDICOS

Mantecón, C. L.[1] y del Río, J. L.[2]
[1]*CONICET*
[2] *Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEyN, UNMdP – CIC, Funes 3350.*
cetecon@hotmail.com

Las playas son ecosistemas complejos en los que cualquier intervención puede provocar la ruptura de su frágil equilibrio. Es por ello que a la hora de elaborar un plan de gestión es necesario tener en cuenta múltiples factores evaluados desde una visión holística, es decir, desde las múltiples disciplinas involucradas para que la gestión esté enmarcada en la teoría de la sustentabilidad.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar si las licitaciones de las Unidades Turísticas Fiscales (Balnearios), realizadas luego de la reforma Constitucional del año 1994 por la cual se norma el derecho a un ambiente sano, cumplen con los fines establecidos por dicha norma y si tienen en cuenta las características geomorfológicas y geográficas de cada balneario.

Asimismo, se evaluará si los balnearios que cumplen con los pliegos de licitación, podrían certificar según la norma IRAM 42.100 (Gestión de la Calidad, la Seguridad y Ambiental en Balneario), en lo que respecta en materia ambiental.

A tal fin se analizaron 6 pliegos de licitación de los principales balnearios de la ciudad de Mar del Plata licitados luego del año 1994, teniendo en cuenta la normativa general ambiental, en ausencia de normativa específica sobre protección costera, si se consideraron las características geomorfológicas y geográficas a la hora de confeccionar los pliegos y si se tuvo en cuenta la norma Iram 42.100, y de ser así en que aspectos.

En cuanto a la normativa general, hay que tener presentes dos conceptos fundamentales introducidos por el artículo 41 de la Constitución Nacional: el Concepto amplio de Ambiente y el Desarrollo sustentable.

Sabsay (2003) definió al medio ambiente como: "Conjunto de elementos naturales, artificiales o creados por el hombre, físicos, químicos y biológicos, que posibilitan la existencia, la transformación y el desarrollo de organismos vivos." Esta definición es consecuente con la definición amplia adoptada por la Constitución Nacional y la Constitución de la provincia de Buenos Aires.Existen dos acepciones para este término: uno restringido y uno amplio.

El sentido amplio es coherente con el normado en la Constitución Nacional, inclusivo de los bienes culturales, históricos y patrimoniales. Es muy importante tener en cuenta la definición legal de ambiente, porque en los casos estudiados, lo que en su momento fue una perturbación, se ha convertido en parte del patrimonio. Por ejemplo el balneario Playa Grande, el Torreón del Monje y La Perla que forman parte del patrimonio histórico de la ciudad de Mar del Plata.

Otro concepto fundamental introducido por el artículo 41 de la Constitución Nacional es el de desarrollo sustentable, instalado a partir del informe Brundtland (Our Common Future, 1987). Éste fue definido como "aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".Desarrollo entendido como el que tiene en cuenta las variables, económicas, sociales y ambientales, el equilibrio entre estas variables nos permitirá una Gestión de playas que tenga en cuenta el cuidado del ambiente natural y construido, las necesidades de los usuarios y el desarrollo económico de las comunidad local.

Teniendo en cuenta estos dos conceptos **podemos** concluir que si bien en casi la totalidad de los Pliegos de licitación se ha tenido en cuenta los preceptos ambientales normalizados en la Constitución Nacional y las leyes ambientales (5 de 6). Los resultados generales de su aplicación específica parecen poco exitosos

Por lo que es necesario contar con normativa ambiental más específica, más acorde la zona a gestionar., que resuelva los principales problemas como la erosión costera, la ineficiente gestión de residuos, la polución visual, la calidad de aguas y capacidad de carga, entre otros

Asimismo se ha podido observar que en los tres casos que se ha licitado en balnearios que están compuestos tanto por elementos naturales como patrimoniales (Playa Grande, Torreón del Monje y la Perla) se ha tenido en cuenta el concepto amplio de ambiente con la revalorización y protección de ambos aspectos. Es necesario considerar que, por ejemplo, el complejo Playa Grande se construyó en los años 1936 - 1940, aguas debajo de la escollera norte del puerto de la ciudad de Mar del Plata y no existía normativa ambiental. Si bien, se conocían los impactos negativos que producen las construcciones fijas que alteran la dinámica costera, no estaba desarrollado el concepto actual, de turismo sustentable y el uso de la costa acorde a este.

Otro aspecto ambiental a destacar es la obligatoriedad de contar con la Declaración de Impacto ambiental exigida por la Ley Ambiental Provincial 11.723, según esta norma la autoridad competente para otorgarla es el Municipio de General Pueyrredón. De los seis pliegos, dos no lo estipulan, uno solicita un certificado de impacto ambiental y tres especifican que es necesaria la Evaluación de Impacto Ambiental en los términos de la ley mencionada.

Es importante que se exija el cumplimiento de esta norma, que no se puede suplir con un Estudio de Impacto, ya que la Declaración de Impacto Ambiental es un proceso administrativo que tiene en una de sus etapas la

confrontación con la ciudadanía. La participación ciudadana es fundamental en todos los temas ambientales, pero más aún cuando se gestionan espacios públicos en los que tiene que haber una apropiación del lugar que genere un sentido de pertenencia, su cuidado y control.

Respecto a las características geomorfológicas y geográficas, es necesario que en las licitaciones esté determinada la tendencia erosiva o acresional ya que la variación de superficie, puede producir la disminución de la zona concesionada, la pérdida de espacio de uso público y la sobre carga de la playa en general.

Por último se observó que si bien en tres de los seis pliegos de licitación se tuvo en cuenta la norma IRAM 42100 sobre Gestión de la Calidad, la Seguridad y ambiental en Balnearios, los balnearios no han intentado certificarla. Esta norma de certificación tiene en cuenta una gestión sustentable basada en cuatro ejes: concientización, tratamiento de residuos sólidos urbanos, tratamiento de aguas y energía.

Consideramos que si los balnearios cumplen con los pliegos de licitación y además trabajan sobre la seguridad y sobre la información y educación ambiental, podrían certificar los balnearios bajo los términos de esta norma.

No obstante es necesario para alcanzar una gestión que se encuentre enmarcada dentro de la teoría de la sustentabilidad, normativa específica costera, que recepte los principios generales del derecho ambiental, respetando un concepto amplio de ambiente, es decir valorando tanto los elementos naturales como los artificiales y que permita un desarrollo económico y social de las comunidades locales. Esta normativa tiene que ser fruto de un trabajo interdisciplinario, el Estado en sus tres estamentos y los actores sociales involucrados.

REFERENCIAS

SABSAY D., 2003. Constitución y ambiente en el marco del desarrollo sustentable. En WALSH, J.R.; DI PAOLA, M.E.; GONZÁLEZ ACOSTA, G.; LÓPEZ, H.; ROVERE, M. B.; RYAN, D. E. Y D.A. SABSAY (Eds) Ambiente, Derecho y Sustentabilidad, Buenos Aires, pp. 67- 82, La Ley.

COMPORTAMIENTO DE OBRAS DE DEFENSA DURAS EN COSTAS DE DUNAS

Rubén López[1,2,3], Silvia Marcomini[1,2] y Florencia López Marcomini[1]
[1]*Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología. Buenos Aires, Argentina.*
[2]CONICET – *Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Argentina.*
[3]*Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV).*
rlopez @gl.fcen.uba.ar

Introducción

La erosión costera es uno de los problemas que afecta al litoral marino bonaerense. Las causas pueden ser tanto de origen natural como antrópico. Sin embargo, se considera que las actividades humanas, en los sectores costeros, no solo son la principal causa de erosión, sino que potencian las generadas por causas naturales (López y Marcomini 2012).

Son numerosos los ejemplos, a lo largo de la historia de las localidades costeras, en los que el hombre realizó tareas para mitigar la acción erosiva del mar. Con el termino obras de defensa duras se incluye a gran parte de las estructuras rígidas involucradas en las clases funcionales de acorazamiento y moderación (López y Marcomini 2014 y Pope 1997) que se aplican para mitigar fenómenos de erosión de costa y playa dentro de un plan integral de manejo costero.

Ubicación

El sector de costa evaluado ocupa la zona centro-oeste de la provincia de Buenos Aires, a lo largo de faja costanera del Cabo de San Antonio, entre Punta Rasa y Punta Médanos, en el Partido de La Costa. Sus playas están expuestas a la acción del oleaje, dominada por una corriente de deriva litoral de sur a norte, presentan anchos que varían de 40 a 200 m, la pendiente media es de 0,028 (1º36'), no se observa la presencia de bermas estables, con excepción de los extremos de la zona de estudio donde las bermas presentan importantes desarrollos (Punta Rasa y Punta Médanos).. La zona de estudios se encuentra ubicada en la parte central de la Cuenca del río Salado y los sedimentos que conforman el sustrato superficial, corresponden a la Formación Punta Médanos (Parker 1979) y las Facies Mar de Ajó de la Formación Pozo N0 17 (Parker 1979), correspondientes al campo de dunas costeras y a los depósitos de cordones litorales adyacentes.

Resultados

En el sector costero del Municipio de La Costa se llevaron a cabo numerosas y distintas intervenciones en los sectores de costa y playa, con obras para actuar sobre la acción erosiva marina (Tabla 1).

Tipo de estructura de defensa	localidad	Clase funcional	Periodo de ejecución
Tetrápodos de hormigón	Santa Teresita y Mar del Tuyú	Acorazamiento/moderación	1980/1985
Espigón subsumergido	Santa Teresita	Moderación	1988
Gaviones de geotextiles	Santa Teresita, Mar del Tuyú, Las Toninas y La Lucila	Acorazamiento	1993/1995
Paredones	Mar de Ajó, San Bernardo, Mar del Tuyú, Santa Teresita y Las Toninas	Acorazamiento	1990/2018
Muros con Gaviones	Mar del Tuyú, y Santa Teresita	Acorazamiento	2017
Defensa combinada (durmientes, geotextiles y recarga)	Las Toninas	Acorazamiento/moderación	2004/2012
Pedraplenes de escombros	Las Toninas y Santa Teresita	Acorazamiento	2004/2017

Tabla 1: Identificación, localización, caracterización y período constructivo de las obras

López y Marcomini (2005), evaluaron el comportamiento de las obras compuestas por tetrápodos de hormigón, gaviones de geotextil y un espigón subsumergido. Por lo que se determinó que la colocación de tetrápodos, con la intención de detener el retroceso de la costa y evitar la pérdida de los sedimentos continentales no cumplió su objetivo ya que la falta de sustrato rocoso provoco una rápida subsidencia de los elementos que la componen. (Figura 1a).

Para defender un sector de costa de la localidad de Santa Teresita, proyecta una batería de espigones de los cuales se construyó uno solo. Las condiciones de semipermeabilidad, disposición y tamaño del espigón provocaron escasa acumulación debido a la limitada interrupción producida por el mismo en el transporte de sedimentos, al igual que se

constató la baja efectividad (Figura 1b), en la misión de defender la costa ante los eventos de tormentas, situación que desalentó que se promovieran gestiones para continuar la ejecución de los espigones restantes. La escasa cantidad de arena retenida por el espigón, no permitió un crecimiento vertical de la playa suficiente para mitigar el retroceso de la línea de costa y la onda erosiva se extendió al norte de la estructura.

Los gaviones de geotextil, rellenos de arena, se colocaron al pie de las edificaciones en riesgo de caída en las localidades de Mar del Tuyú, Las Toninas, La Lucila y Santa Teresita, constituyendo un muro paralelo a la costa con un un perfil piramidal escalonado con una base de suelo cemento. El objeto fue evitar el retroceso de la línea de costa para proteger las edificaciones (Figura 1c). La estructura, provocó reflexión del oleaje durante la mareas extraordinarias y tormentas con un consecuente descenso del nivel de la playa. La base de suelo-cemento se fracturó rápidamente y se produjo el socavamiento en los cierres laterales de las estructuras, sin mantenimiento, las geotextiles se fueron degradando y finalmente colapsaron.

En forma aleatoria, los propietarios de edificaciones frente al mar, iniciaron por cuenta propia la construcción de muros con el objeto de proteger sus propiedades, esto llevo anarquía del frente costero, debido a que las diferentes diseños y calidades constructivas (Figura 1d, llevaron a variadas respuestas. En todos los casos aumentaron las tasas de descenso de los niveles de playa distal y frontal, con la consecuente pérdida de espacios de recreación turística.

En el año 2004, en el extremo norte de la localidad de Las Toninas, afectada por un severo retroceso de la línea de costa, se efectuó una obra que combina la utilización de durmientes mantas geotextiles y rellenos de arena (Figura 1e). A pesar de los números esfuerzos municipales por mantener importantes volúmenes de arena, no fue suficiente ni adecuado para detener el retroceso de la línea de costa.

Sin un criterio proyectual, en distintos sectores de la costa se volcaron escombros conformando un piedraplen a lo largo de la línea de costa con el objeto de evitar su retroceso (Figura 1f). Posiblemente corresponda a una de las obras de menor eficiencia y mayor impacto al medio ya que no evito el retroceso de la línea de costa, aumento el descenso del nivel de playa e inhibió el uso de los espacios afectados por la dispersión de los escombros.

Los muros de gaviones fueron implementados en el año 2017, en sectores de costa de Santa Teresita y Mar del Tuyú están compuestos por cajones prismáticos rectangulares con malla hexagonal, metálica revestida en pvc, colocados en lo largo de la línea de costa. Su perfil transversal forma una L mirando al mar con la base revestida con una manta de geotextil (Figura 1g). Hasta la fecha las estructuras han mantenido la posición de la línea de costa, pero se ha observado un importante descenso de los niveles de playa (promedio de -0,35m en sectores de playa distal en 6 meses) e indicios de socavamiento en los cierres de las estructuras.

Figura 1. Obras de defensa en frente costero del Partido de La Costa

Conclusiones

La determinación de las tareas a realizar, y alcanzar la mayor eficiencia de un proyecto se fundan en tres variables: Un sólido conocimiento del medio en cuestión, capacidad económica para realizar las obras, monitoreos y mantenimiento, y que formen parte de un plan integrador, sustentado por políticas legislativas y ejecutivas.

Definir previamente si se actúa sobre la causa, la consecuencia o ambas.

En todos los casos evaluados se determinó un aumento de la erosión de playa y mitigación del retroceso de la línea de costa de carácter temporal.

Referencias

LÓPEZ R.A. y MARCOMINI, S.C, 2014. Manejo costero. *Nuevas miradas a la Problemática de los Ambientes Costero*s. Ed. Cesar Goso. Editorial DIRAC, Universidad de la Republica. Uruguay .355-370.

LÓPEZ R.A. y S.C. MARCOMINI, S.C., 2005.Eficiencia de las obras de defensa en costas de dunas, Municipio de La Costa. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Nº 21, 157-165.

PARQUER G., 1979. Geología de la planicie costera entre Pinamar y Mar de Ajó, pcia de Bs. As. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. XXXIV 3:167-183.

POPE J., 1997. Responding to Coastal Erosion and flooding damage. *Journal of Coastal Research*, 13(3), 704-710.

CARACTERÍSTICAS Y MOVILIDAD DE LOS DEPÓSITOS GENERADOS POR BARRERAS EÓLICAS EN ZONAS COSTERAS

Rubén López[1,2,3], Silvia Marcomini[1,2] y Santiago López de Gaetano[4]
[1]Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y naturales, Departamento de Geología. Buenos Aires, Argentina.
[2] CONICET – Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Argentina.
[3] Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV).
[4] *Grupo 3L, S.R.L*
rlopez@gl.fcen.uba.ar

La causa de la erosión en muchas localidades costeras está vinculada a las tareas de extracción de arena, la eliminación de la duna costera para construir edificaciones y avenidas costeras, como así también la fijación de dunas con especies alóctonas, que inhiben su funcionamiento (López y Marcomini,2011). Una de las tareas de restauración en costas de dunas, de mayor eficiencia y menor costo, es la utilización de barreras eólicas. Marcomini y López (2012), clasificaron las barreras eólicas considerando la durabilidad en permanentes y transitorias, por la distribución en planta en lineales, zigzag, y compuestas, y por disposición en el subambiente de playa a reconstruir. En experiencias de campo y monitoreos entre los años 1997 y 2001, se determinó que las variables naturales que condicionan las tasas de acumulación son la velocidad, frecuencia y dirección de los vientos predominantes, la disponibilidad de arena, humedad del sedimento y el área de alcance (López y Marcomini 2006). En lo referente a los diseños estructurales la orientación de la barrera, la altura y densidad de ramas, condicionan la disposición y morfología de los depósitos. También se determinó que la máxima eficiencia de acumulación a los 170 días donde se registró una tasa máxima de acumulación de 0,12 m3 por metro de frente por día y la velocidad de acumulación vertical 0,49 cm/día, en un año a lo largo de 15km de barreras eólicas construidas en el Partido de La Costa se obtuvieron depósitos eólicos de 800.000m^3.

En los casos anteriormente evaluados se realizaron tareas de reconstrucción con barreras eólicas es sectores afectados por fenómenos erosivos, áreas degradadas, con muy poco espacio entre la urbanización costera y la playa, en donde el objetivo principal era mitigar la erosión elevando el nivel de playa distal y restaurar parcialmente la duna costera para evitar el retroceso de la línea de costa sobre edificaciones y avenidas costaneras. En el año 2011, con el desarrollo de un nuevo centro urbano entre las localidades de Las Toninas y San Clemente del Tuyú, se trabajó con el objeto de elaborar un plan de manejo costero con criterios y tareas para minimizar posibles impactos, dentro de este plan el uso de barreras eólicas es una de las herramientas de mayor uso.

El sector de costa en cuestión presenta baja actividad antrópica, pero una importante actividad vinculada a la circulación de vehículos 4x4 y cuatriciclos con el consecuente deterioro de la playa y dunas. Sumado a esta situación se determinó que entre 1964 y 2009 la línea de costa retrocedió 14m, o sea a una velocidad de 028 m/año. Esta situación promovió la construcción de barreras eólicas con el fin de restaurar la duna costera mitigar la acción erosiva.

En una primera instancia se procedió a aplicar barreras eólicas transitorias (compuestas por telas de rafia y media sombra), con disposición en zigzag en los sectores de playa distal (Figura 1a), con una rápida respuesta acumulativa (Figura 1b), de 1,2 m^3/m.

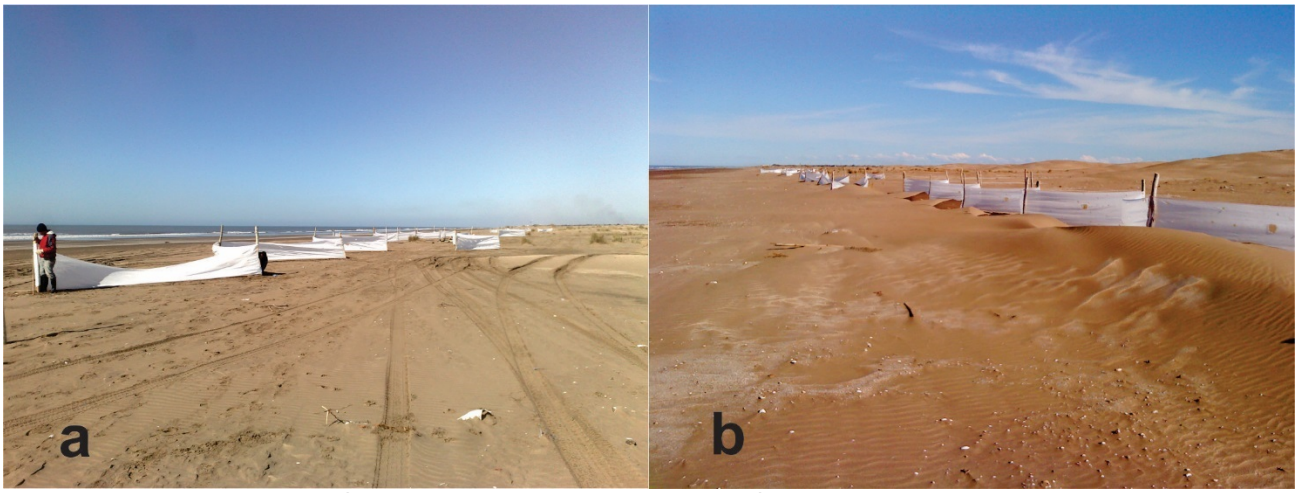


Figura 1. a, colocación de barreras transitorias en playa distal. b, depósitos generados por las barreras transitorias

Con posterioridad se construyeron barreras eólicas fijas a lo largo de 650 del frente costero, compuestas por estacas y ramas de álamo negro (*Popolus nigra*). Las estacas tienen una longitud de 2,5 m y son enterradas a 1 a 1,2 m de profundidad equidistantes a aproximadamente 6-8 m, las ramas son de longitudes entre 1,8 a 2 m, y se entierran a 70-80 cm de profundidad, con disposición lineal en el extremo superior de la playa distal (Figura 2a).

Figura 2. a, deposito generado por la barrera eólica fija. b, plantación de gramíneas acompañando a las barreras eólicas

En los 6 años que se lleva de monitoreo (2012-2018), se determinó el desarrollo de un depósito de 3,22m de altura y 41 m de ancho, dando una media de acumulación de 65,6m^3/m de frente de costa (figura 3). La morfología generada se movilizó hacia el continente a una velocidad de 2,17m/año. En forma contemporánea con la acumulación de sedimentos se relocalizaron gramíneas autóctonas (Figura 2b), (*Panicum racemosun* y *Sporobolus coarctatus*) que potenciaron la capacidad de acumulación. También se pudo contactar una clara disminución de la actividad del campo de dunas continental activo producto de la interrupción del principal aporte de arena (la zona de playa), con disminución de la altura de las crestas barjanoides, perdida de movilidad y desarrollo de cobertura vegetal.

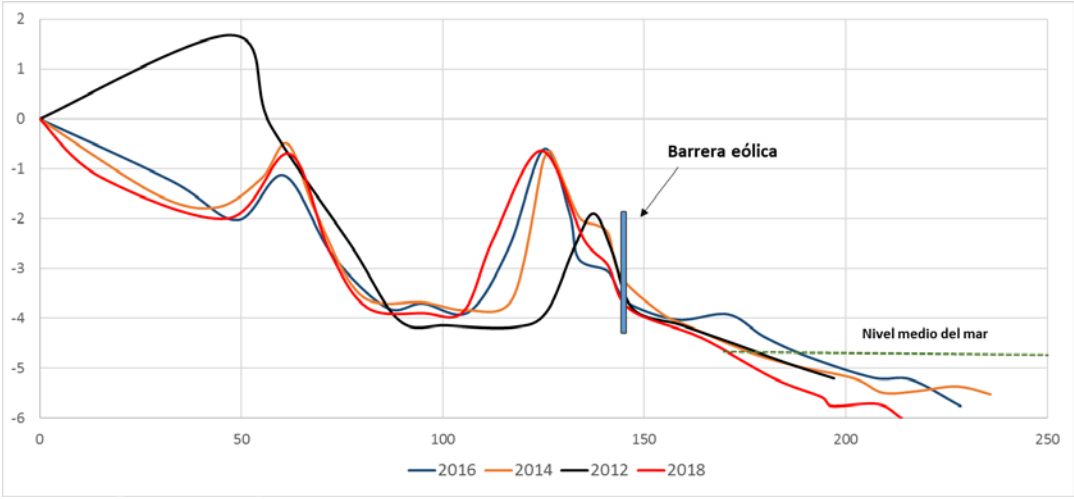


Figura 3. Perfiles de playa, muestra las características y movilidad del depósito generado por barreras eólicas fijas

Conclusiones

La utilización de Barreras eólicas en costas de dunas es una herramienta muy eficiente para restaurar sectores de dunas degradadas y mitigar el retroceso de la línea de costa.

La utilización de Barreras eólicas en costas con baja actividad antrópica tiene una eficiencia de acumulación significativamente superiores a los valores registrados en zonas urbanas.

Adicionar gramíneas autóctonas a los depósitos generados por las barreras potencia la capacidad de acumulación.

La colocación de barrearas eólicas en el frente costero causa la perdida de actividad de los campos de dunas interiores, por disminución de los aportes de arena de la zona de playa.

Referencias

LÓPEZ R. A. y MARCOMINI S. C., 2006. Monitoring the foredune restoration by fences at Buenos Aires coast. Journal of coastal research, SI 39, 955-958.

LÓPEZ R. A. y MARCOMINI S. C.,2011. Problemática costera de Buenos Aires, Problematica de los Ambientes Costeros, Sur de Brasil, Uruguay y Argentina. Eds. López R.A. y Marcomini S.C. Ed. Croquis. Buenos Aires.109-128.

MARCOMINI S.C. y LÓPEZ R. A. 2012.Chapter 19, Erosion and Management in Coastal Dunes Part VI: Coastal Dune Hazards (Erosion and Management). Coastal Hazard. Ed. Charles W. Finkl. Editorial. Springer. 511-553

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA DEL BALNEARIO SAUCE GRANDE A PARTIR DE PERFILES DE PLAYA

Juan Nahuel Lamas[1], Martin Nuñez[1], Silvia C. Marcomini[12] y Rubén A. López[123]

[1] *Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria. Pab II. CP.1428. Capital Federal. Argentina.*

[2] *CONICET – Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Argentina.*

[3] *Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV).*

nahuel.lamas@hotmail.es.

Introducción

Las localidades costeras del sur bonaerense han registrado una expansión urbana en los últimos años como resultado del incremento en la población turística. Este crecimiento carece hasta el momento de una planificación sustentable de sus recursos naturales entre ellos el agua potable, el manejo de residuos sólidos y cloacales, la arena y la playa. Es por ello que resulta importante el desarrollo de estudios que caractericen la geología y dinámica del sistema litoral para determinar su capacidad soporte.

En el presente trabajo se estudió la sedimentología y geomorfología del sector costero del Balneario Sauce con el fin de estimar y modelar las condiciones morfodinámicas de la zona litoral. Dicha localidad se ubica 535km al suroeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). Según el último censo del año 2010, la población llegó a 118 habitantes siendo su actividad principal la pesca y el turismo en las épocas estivales. En comparación con el censo del año 2001 la población descendió un 66%. Durante las épocas estivales, la población turística es de aproximadamente a 300 habitantes. El clima es cálido y templado, con una media de precipitaciones anuales de 553mm y temperatura media anual de 14,4℃. La zona de estudio se encuentra dentro del ámbito de la cuenca de Claromecó. El objetivo de este trabajo es identificar el efecto de la acción antrópica sobre la zona litoral, y plantear mecanismos de acción para el uso racional de la faja costera.

Si bien no existen trabajos específicos en el tema para esta localidad, hay investigaciones geológicas e hidrológicas en el ámbito de Monte hermoso (Calo et al., 1999, Calo et al., 2000, Calo et al., 2005, Fernández et al., 2003, Marcos A et al., 2006, Huamantinco et al., 2009, Huamantinco, 2012, Di Martino, 2014).

Figura 1: Ubicación del Balneario Sauce Grande

Metodología

La metodología empleada consistió en el relevamiento de seis perfiles transversales a la costa, en horarios de bajamar, con el fin de caracterizar distintos subambientes de playa y analizar las geoformas correspondientes. Los perfiles fueron realizados utilizando una estación total. También se extrajeron muestras de playa distal, playa frontal y duna costera. Los muestreos fueron superficiales extrayendo aproximadamente 400gr por muestra. Para estimar la evolución geomorfológica se emplearon fotografías aéreas del año 1961 otorgadas por el IGN e imágenes de *Google Earth Pro (2018-2001).*

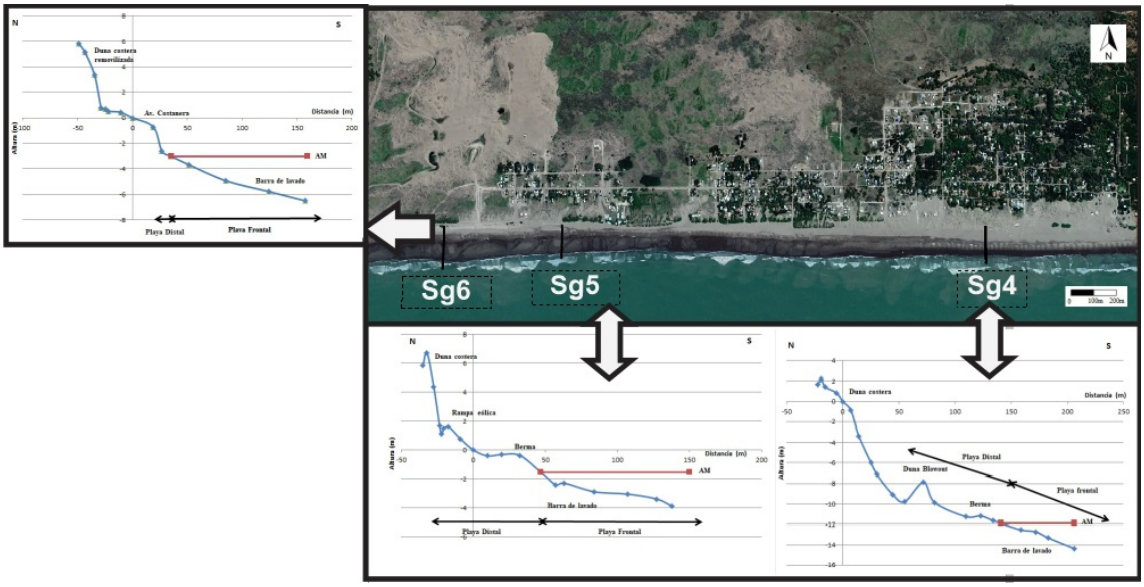


Figura 2: En la figura se muestran los tres perfiles de playa más característicos de las condiciones dinámicas del sistema litoral.

Resultados

Si bien, a localidad de Sauce Grande no tiene hasta el momento un gran impacto antropogénico, se detectó en los perfiles una leve alteración en sus parámetros morfométricos a lo largo de la costa. A continuación se describen los tres modelos de perfiles de playa más característicos que muestran estas alteraciones:

Perfil SG4: la playa distal tiene un ancho de 100m y presenta una berma bien desarrollada de 25m de extensión y 10 cm de altura, la playa frontal tiene una barra de lavado de 24 m de largo y 20 cm de altura. La costa está delimitada por una duna en voladura. La cara que apunta hacia el mar de duna costera tiene un ángulo de 11°. Todo esto indica un sector de playa estable.

Perfil SG5: tiene una longitud de playa distal de 70 m, presenta berma bien desarrollada, de 36 m de extensión 5 cm de altura. La playa frontal tiene 2 barras de lavado, de 25 m y 30m de extensión con alturas de 50 cm y 35 cm respectivamente. La costa está representada por una duna costera escarpada con generación al pie de la misma de rampas eólicas. El ángulo de esta cara es de 30°. Como en el caso anterior, este segmento de playa es estable.

Perfil SG6. En este perfil la duna costera fue degradada y decapitada para la construcción de la Av. Costanera. La playa distal tiene apenas 5 metros y carece de berma, la playa frontal tiene una barra de lavado de 30 m de ancho y 60 cm de altura. En este caso, la costa es altamente susceptible a la erosión y la playa muestra rasgos erosivos.

Finalmente, en base a la información obtenida de los perfiles se realizó un cuadro de susceptibilidad:

Perfil	¿Hay berma?	¿Hay barra de lavado?	¿Duna costera escarpada?	Susceptibilidad a la erosión
Rio Sauce Grande	**SI**	**SI**	**NO**	**BAJA**
SG2	**SI**	**SI**	**NO**	**BAJA**
SG3	**SI**	**SI**	**NO**	**BAJA**
SG4	**SI**	**SI**	**NO**	**BAJA**
SG5	**SI**	**SI**	**SI**	**MEDIA**
SG6	**NO**	**SI**	**SI**	**ALTA**

Conclusiones

Los perfiles relevados muestran cambios morfológicos a lo largo de la costa muy marcados a pesar de que las condiciones geológicas del sistema litoral son semejantes tratándose de un modelo de costa de dunas. Los indicadores morfométricos de erosión reconocidos en los perfiles son el incremento en la pendiente de la cara del mar de la duna costera y la desaparición de la berma estable. Si bien el balneario Sauce Grande no tiene hasta el momento gran desarrollo, ya se registran condiciones erosivas leves en el perfil SG6, donde la playa distal se encuentra reducida, no hay una berma desarrollada, y la duna costera fue totalmente arrasada. Mientras que en los dos perfiles restantes, las playas son estables debido a la presencia de berma con buen desarrollo, barras de lavado y la continuidad de la duna costera. Sin embargo, en el perfil SG5 que se encuentra más cercano a la Av. Costanera, se observa un ángulo de la duna costera mayor que en SG4, y en su base esta escarpada. Todo ello es indicador, entonces, de que existe un aumento progresivo de la susceptibilidad a la erosión hacia el oeste. En el presente trabajo se cree que el factor erosivo está siendo potenciado por la acción antrópica. Los factores antrópicos que podrían potenciar la erosión son: degradación y vegetación con especies exóticas de la duna costera, construcciones

urbanas sobre la duna costera, desagües pluviales cortando la duna costera y construcción de balnearios sobre la playa.

Para la remediación de la zona donde se generó la Av. Costanera se recomienda en otra oportunidad no arrasar la duna costera tal como se lo hizo.

REFERENCIAS

Calo, J., E. Fernández, A. Marcos, H. Aldacour, P. Varela, N. Marquez, 1999. Coastal environmental hazards: comparison of high winds and storm surges in Monte Hermoso City, Buenos Aires Province, Argentina. Loicz 4th Open Science Meeting, XI Coloquio de Oceanografía. Abstracts, p.108. Bahía Blanca, Argentina

Calo, J., E. Fernández, A. Marcos, H. Aldacour, 2000. Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso. Argentina. Geoacta, 25:40-48.

Calo J., E. Fernández, A. Marcos y H. Aldacour. 2005. Observaciones litorales ambientales de olas, corrientes y vientos de la playa de monte hermoso entre 1996 y 1999. Revista Geoacta, 30, 27-38.

Di Martino (2014). Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, República Argentina (*Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca

Fernández, E, J. Calo, A.l Marcos y H. Aldacour. 2003. Interrelación de los ambientes eólico y marino a través del análisis textural y mineralógico de las arenas de la playa de Monte Hermoso, Argentina. AAS Revista, 10(2):151-162.

Huamantinco, M.A Marcos A., Perillo G.M.E y Piccolo M.C, 2009. Variaciones morfológicas de un sector de la playa de Monte Hermoso. *VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. CD Res. 20. Bahía Blanca. Diciembre 2009.*

Huamantinco Cisneros, M.. (2012). "Efecto de la Variabilidad Climática del Balneario Monte Hermoso Sobre su Geomorfología Costera y el Confort Climático". Tesis Doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Argentina.

Marcos A., E. Fernández, J. Calo y H. Aldacour. 2006. Caracterización físico ambiental de la playa de Monte Hermoso. Res. XXIII Reunión Científica. Asociación Argentina De Geofísicos y Geodestas (AAGG). Bahía Blanca. Argentina.

EROSIÓN HÍDRICA COSTERA EN EL BALNEARIO MONTE HERMOSO, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Claudina Di Martino[1,2,3], René Albouy[1,2], Ángel Marcos[1], Juan José Berezosky[1], Andrés Ruffo[1,4]
[1]*Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.*
Av. Alem 1253 - Cuerpo B´. Piso 2º (8000) Bahía Blanca.
[2]*CGAMA-CIC-UNS. San Juan 670 (8000) Bahía Blanca*
[3]*UTN.FRBB. 11 de abril 461, (8000) Bahía Blanca.*
[4]*CONICET. CCT Bahía Blanca. Camino La Carrindanga Km 7 (8000) Bahía Blanca.*
claudina.dimartino@uns.edu.ar

Este trabajo tiene por objetivo presentar la problemática ambiental vinculada a la erosión hídrica en Monte Hermoso, tanto en el casco urbano (erosión pluvial) como en la costa (erosión pluvial y marina), y analizar los aspectos a tener en cuenta para evitar que la playa se degrade y pierda su atractivo turístico, principal recurso económico del lugar. Este balneario está ubicado en el sudoeste del litoral Atlántico de la provincia de Buenos Aires a los 38º 59` 33″ de latitud Sur y 61º 15` 55″ de longitud Oeste (Figura 1). Fue declarado ciudad en 1975 y años después (1979) se creó el municipio homónimo, el cual a partir de mayo de 1983, se denominó oficialmente Partido de Monte Hermoso.

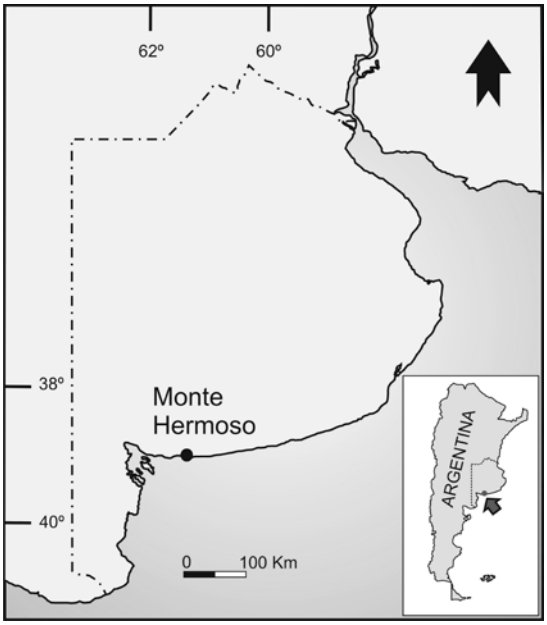


Figura 1. Ubicación del balneario Monte Hermoso

La urbanización del lugar se fue expandiendo desde el centro de la ciudad hacia el este, siguiendo la línea de costa, hacia el norte, lugar de residencias permanentes, y en menor medida hacia el oeste. En el año 2000 comenzó un período de gran expansión edilicia con la construcción de edificios en altura en la costanera y el desarrollo de los barrios Monte Hermoso del Este (en dirección al balneario Sauce Grande) y Las Dunas (hacia el Oeste de la localidad).

Actualmente en el centro de la ciudad y sobre la avenida costanera, se observa un frente de edificios muy cercanos o linderos. Como consecuencia de ello, ha aumentado la circulación vehicular y la afluencia de personas a la playa. Este sector ha quedado fuertemente impactado por la actividad antrópica,como la construcción de una rambla de madera y de paradores gastronómicos, que limitan fuertemente el espacio costero céntrico, sobre todo en pleamar.

La urbanización, básicamente sobre la línea de costa y hacia el norte, fue obliterando el paisaje de médanos, alterando las condiciones naturales del terreno. Ejemplos claros son la impermeabilización del suelo (edificaciones, asfalto, compactación) y/o forestación que interfieren en el escurrimiento del agua pluvial en superficie.

Teniendo en cuenta que la pendiente topográfica regional es desde el norte hacia la costa, sobre las calles perpendiculares a la línea de playa y durante los eventos de lluvia, se origina un flujo de agua en dirección al mar. Estas vías de escurrimiento actúan también como colectoras del agua de las calles transversales a éstas y a la pendiente regional. Como consecuencia y ante eventos de precipitación de alta intensidad, colapsan los desagües pluviales que descargan en el mar y se producen inundaciones de viviendas, socavones en las calles niveladas sin asfalto, desestabilización y remoción de arena en la costa y profundas canalizaciones en la playa (Figuras 2 y 3). Al respecto, López y Marcomini (2002) sugirieron pautas de planificación que fueron tenidas en cuenta por las autoridades de la gestión.

Figuras 2 y 3. Destrozos en la costanera de Monte Hermoso debido a temporal de lluvia.
Fuente: www.lanueva.com. Agencia Monte Hermoso. Marzo 2017

Desde el año 1997 se está relevando información de las características oceanográficas y meteorológicas del lugar y se han realizado estudios a partir de la medición y muestreo de perfiles, que han permitido conocer algunas característicasde la playa en cuanto a su fragilidad y dinámica litoral. A partir de un análisis textural y sedimentológico del material, se ha podido establecer que la movilidad natural de las arenas se da desde la playa hacia los médanos y viceversa. También se verificó que en algunos lugares, producto del asentamiento de construcciones y vegetación, hay una interrupción en el desplazamiento de la arena desde el médano hacia la playa.

En función de la morfología costera, obtenida a partir de los perfiles medidos, se calculó el balance sedimentario y pudo determinarse que la playa tiene capacidad de recuperación en tiempos breves, luego de los eventos de tormentas (marinas y pluviales), que producen erosión en la misma. Esto es consecuencia de una deriva litoral alternante este-oeste, sin una dirección dominante (Calo et al. 2000; Fernández et al. 2006).

Son frecuentes las tormentas marinas que provienen del S y SE que se conocen localmente como “sudestadas”. Sin embargo, las que más impactan sobre la playa proceden del SO y se denominan “sudoestadas” pero aparecen como eventos extraordinarios, con una frecuencia aproximada de 10 años. Estas tormentas marinas son las más destructivas sobre la infraestructura y construcciones sobre la costa (Marcos et al., 2006).

Las autoridades del Municipio de Monte Hermoso, conscientes de la problemática costera, han actuado en consecuencia desarrollando controles sobre las distintas actividades que perjudican a la playa (tránsito vehicular, extracción de arena, construcción de paradores). Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, pero no se han realizado en forma continua durante períodos de tiempo prolongados. Se debería insistir en estos controles de forma permanente. En lo que respecta a la expansión urbana, la misma está siendo planificada acorde a la legislación provincial, prohibiendo construcciones sobre los médanos costeros.

Teniendo en cuenta que los estudios realizados en la playa de Monte Hermoso demuestran que la misma tiene una rápida regeneración frente a los eventos de tormentas marinas y lluvia, una planificación cuidadosa acorde a la expansión edilicia, permitiría que el crecimiento urbano sea consistente y sustentable con el principal recurso económico que es la actividad turística estival.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Calo, J., E. Fernández, A. Marcos y H. Aldacour, 2000. Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso. Argentina.*Geoacta*, 25:40-48.

Fernández, E., A. Marcos, J. Calo y H. Aldacour, 2006. Balance Sedimentario, Parámetros Meteorológicos y Oceanográficos en un Sector de la Playa de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires. *Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*. GEOACTA 31, 11-22. ISSN 0326-7237.

López R. A. y Marcomini, S. C., 2002. Pautas para el manejo costero en costas de dunas y acantilados, Provincia de Buenos Aires. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. 18: 59-68.

Marcos, A.; Fernández, E.; Caló, J.; Aldacour, H., 2006. Caracterización Físico Ambiental de la Playa de Monte Hermoso. *Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*. ISBN-987-22912-0-9. XXIII Reunión Científica. Bahía Blanca. Argentina.

ALTERNATIVAS A LA EXPLOTACIÓN DE LOS CORDONES DE CONCHILLAS DE LA COSTA BONAERENSE PARA LA PRESERVACIÓN DEL BOSQUE NATIVO.

María José Correa, Daniela Marchionni y Miguel Del Blanco

Instituto de Recursos Minerales (INREMI), Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA)
mjcorrea@inremi.unlp.edu.ar

Las reservas más importantes de conchillas de la provincia de Buenos Aires corresponden a cordones litorales holocenos originados por variaciones del nivel del mar durante ese período. Estos cordones de conchillas se presentan de manera más o menos continua a lo largo de la Bahía de Samborombón, de forma subparalela a la línea de costa actual. Dichos depósitos constituyen una fuente de carbonato de calcio de alta pureza para numerosas industrias que consumen este material, tales como productoras de alimentos balanceados, industria siderúrgica, industria cerámica y del vidrio. Frecuentemente estos cordones se asocian a la presencia del bosque nativo denominado "talar", existiendo un patrón de distribución característico que lo vincula al de los cordones de conchilla que le sirven de sustrato. Por esta estrecha relación, la explotación de conchillas afecta la supervivencia del bosque nativo (Bown et al., 2006; Aranda Álvarez et al., 2017). Debido a que la instalación de un emprendimiento minero es definida por la ubicación del recurso, resulta sumamente difícil poder continuar con esta actividad extractiva sin afectar la cobertura de talar, que actualmente se encuentra protegido. En este trabajo se pretende abordar el estado actual de esta situación y plantear una posible alternativa para la producción de carbonato de calcio, dado que representa una fuente importante de recursos económicos a escala regional, que está viendo muy limitada su provisión de materia prima.

Los cordones que actualmente son motivo de explotación, formados durante las ingresiones marinas del Cuaternario, por lo general sobresalen respecto del nivel general del terreno, encontrándose entre las cotas de 5 y 7 m.s.n.m. El ancho de cada cordón varía entre 30 y 80 m, adosándose en algunos sectores dos y hasta tres cordones, constituyendo un área continua de hasta 200 m de ancho (Arrospide y Coriale, 2005). Estratigráficamente forman parte de la Formación Canal de Las Escobas que se subdivide en cuatro miembros (Figura 1): Destacamento, Río Salado, Cerro de la Gloria, Canal 18 y Canal 15 (Fucks et al., 2010). El Miembro Cerro de la Gloria es el que se encuentra en explotación para la extracción de conchillas. Está formado por una serie de cordones individuales alineados de forma subparalela a la costa actual que se agrupan en un cuerpo único en el centro de la Bahía de Samborombón, donde alcanzan un espesor de 5 m, alrededor de 500 m de extensión lateral y hasta 100 km de longitud (Richiano et al., 2012). Se componen casi exclusivamente de concentraciones esqueletales de moluscos con diferentes grados de conservación, rodados de tosca y estratos de arena subordinados (Fidalgo et al., 1973; Fucks et al., 2010).

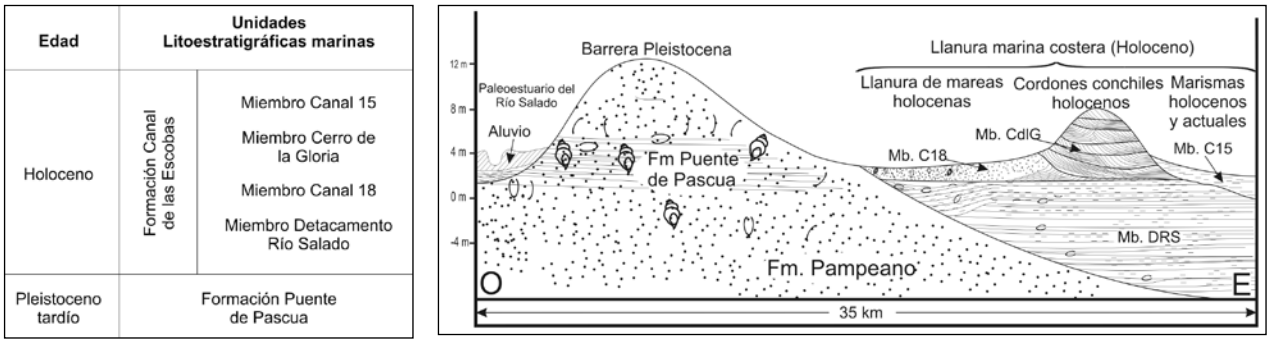


Figura 1. Cuadro estratigráfico y esquema de las unidades de interés cerca de Cerro de La Gloria (Fucks et al., 2010).

Las explotaciones de estos cordones consisten en laboreos a cielo abierto, favorecidos por la desagregabilidad de la conchilla, la cual es tratada por lavado y selección de acuerdo a su destino, esencialmente la industria del vidrio y el alimento balanceado. La producción de conchilla ha sido muy irregular en esta provincia en respuesta a las necesidades del mercado, por lo que son pocas las canteras que han trabajado con continuidad, siendo la producción, en líneas generales, modesta. La extracción de la conchilla trae aparejada la remoción de los talares durante las tareas de destape, y una vez concluidas las tareas de extracción, las labores que quedan abiertas son rellenadas con el material de descarte (arena) y sobre ellas se procede a la reforestación, aunque no siempre con buenos resultados.

Como alternativa a la explotación de esta unidad, que asimismo se encuentra próxima a su agotamiento, en este trabajo se plantea evaluar las posibilidades de extracción de los sedimentos pre-Holocenos de la Formación

Puente de Pascua para abastecer, al menos parcialmente, la demanda de carbonato de calcio. La Formación Puente de Pascua es, según Fidalgo (1973), la unidad litoestratigráfica marina más antigua que aflora en la región. Consiste en depósitos de playa con abundantes restos de moluscos y escasa matriz de limos y arenas, fuertemente cementados por carbonato de calcio, constituyendo una coquina. En su sector basal se reconoce un material arenoso con intercalaciones limo-arcillosas, con fragmentos de valvas de moluscos diseminadas y rodados de tosca, que constituyen un "Conglomerado Calcáreo". Este depósito alcanza espesores de hasta 3 m y se va acuñando hacia el continente. En la parte superior se intercala con los Sedimentos Pampeanos.

Actualmente no se registra ninguna actividad de extracción que involucre al "Conglomerado Calcáreo", pero su importancia es histórica por ser el material que utilizó la ex-planta cementera Corcemar de la localidad de Pipinas como materia prima para la fabricación de cemento, desde 1939 hasta comienzos de la década del 90 (Arrospide y Coriale, 2005). Esta unidad también es mencionada por Angelelli et al. (1973) en Magdalena, formando acumulaciones que se extienden desde el km 35 de la Ruta Pcial. N°11 hasta los alrededores del cementerio de dicha localidad y en su Sección Las Quintas (10 km), de donde fue también explotado como material destinado a balasto (LEMIT, 1954). Constituyen, por lo general, una roca de color pardo claro, compacta y resistente, con una participación de 99% de minerales livianos y 1**%** de minerales accesorios (granate, turmalina, zircón, epidoto). En cortes delgados los rodados muestran una estructura de calcita microcristalina, teñida por óxidos de hierro y con algunos granos de cuarzo (Angelelli et al., 1973).

El aprovechamiento de los conglomerados calcáreos de la Formación Puente de Pascua requeriría de la utilización de tecnologías y metodologías de separación, concentración y clasificación muy similares a las que están siendo utilizadas para la explotación de los depósitos de conchillas del Miembro Cerro de la Gloria. Dada las diferencias litológicas existentes entre ambos tipos de materiales, debería agregarse en la línea productiva de los conglomerados calcáreos, al menos una etapa de trituración previa a la selección y separación granulométrica. En la Figura 2 se muestra un esquema básico de planta con una única etapa de molienda y clasificación (Bustillo Revuelta et al., 2014).

Como síntesis, planteamos en este trabajo la necesidad de evaluar la factibilidad de explotar a los Conglomerados Calcáreos de la Formación Puente de Pascua como fuente de materia prima -carbonato de calcio- para sustituir a los cordones de conchillas holocenos. Las reservas de estos materiales, no sólo se encuentran próximas a su agotamiento, sino que además, su explotación por más de 50 años ha afectado negativamente la supervivencia del bosque nativo.

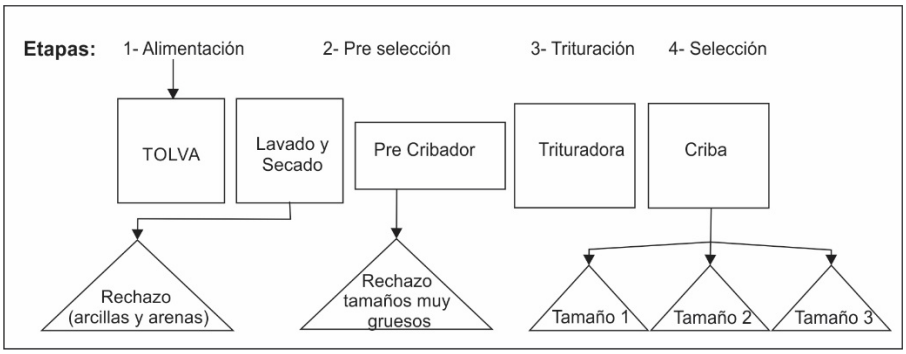


Figura 2: Esquema básico de planta con una etapa de trituración única y selección por tamaños (modificado de Bustillo Revuelta et al., 2014).

REFERENCIAS

Angelelli, V., Villa, J. y Suriano, J. M. Recursos minerales y rocas de aplicación de la provincia de Buenos Aires. Anales LEMIT; Serie II, 1973, nº 2.

Aranda Álvarez, M., Marchionni, D. y Correa, M. J., 2017. La explotación de conchillas en la llanura costera bonaerense y sus implicancias ambientales. XIX Jornadas de Investigación y Enseñanza de la Geografía. Centro de Investigaciones Geográficas. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Noviembre de 2017, La Plata.

Arrospide, M y Coriale, N., 2005. Yacimientos calcáreos organógenos de la zona costera de la provincia de Buenos Aires. En: Relatorio del XVI Congreso Argentino de Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 2005. Cap. XXIX, 441-446 pp. La Plata.

Brown, A., Martinez Ortiz, U., Acerbi, M., y Corcuera, J. (Eds.), 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005, Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires.

Bustillo Revuelta, M, Duran Lopez, A. y Fueyo Casado, L. 2014. Manual de áridos. Fueyo Editores. 597pp.

Fidalgo, F., Colado, U. y De Francesco, O., 1973. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena. Provincia de Buenos Aires. V Congreso Geológico Argentino. Actas III: 227-240. Buenos Aires.

Fucks, E.; Schnack, E. y Aguirre, M., 2010. Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la Bahía Samborombón, prov. De Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 67 (1): 27-39.

LEMIT, 1954. Estudio de los yacimientos de conglomerado calcáreo y conchillas de la provincia de Buenos Aires, partido de La Plata y Magdalena. LEMIT, Serie II, N° 69, La Plata.

Richiano, S., Varela, A., D'elia, L., Bilmes, A. y Aguirre, M., 2012. Evolución paleoambiental de cordones litorales holocenos durante una caída del nivel del mar en la Bahía de Samborombón, Buenos Aires, Argentina. En: Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. Vol. 19 (2), 2012, 105-124.

ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN COSTERA EN PUERTO MADRYN, PROVINCIA DE CHUBUT

M. Paula Bunicontro y Silvia C. Marcomini

Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (UBA-CONICET), Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

paulabunicontro@hotmail.com

Las zonas costeras de nuestro país han sufrido un gran crecimiento poblacional y urbano, especialmente durante las últimas décadas. Esta expansión urbana no ha sido paulatina ni planificada y ha venido acompañada de una intensa actividad turística cada vez más creciente y marcadamente estacional. Esto ha derivado en un esquema desorganizado de generación de nuevas localidades, con escasa o nula planificación del uso del territorio y mal manejo de los recursos naturales. Como consecuencia, se ha producido la modificación del medio ambiente natural, desbalances hidrodinámicos en el sistema litoral y el deterioro de los recursos, con efectos que en muchos casos son irreversibles.

La ciudad de Puerto Madryn, ubicada en el sector occidental del golfo Nuevo, en la provincia de Chubut (42°46' S-65°2'O) no es la excepción ya que, el crecimiento poblacional y la rápida expansión de la traza urbana, ha modificado la configuración actual de la costa y potenciado las problemáticas ambientales que se padecen hoy en día. Su población aumentó desde 1970 a 2010 pasando de 6.115 a casi 82.000 habitantes (INDEC, 2010), alcanzando en la actualidad cerca de los 100 mil habitantes permanentes. Debido al desarrollo industrial y a la demanda laboral con la instalación de la empresa Aluar (1974), la urbanización creció desmedidamente. La longitud de costa ocupada creció a una tasa aproximada de 100 m/año (entre 1971-2012), extendiéndose preferencialmente en sentido norte-sur, mientras que la superficie urbanizada se incrementó a razón de 0,4 km^2/año (entre el Muelle Luis Piedra Buena y Punta Cuevas) en sentido este-oeste para el mismo período (Bunicontro, 2018). Por otra parte, debido a que Puerto Madryn constituye uno de los centros turísticos más importantes de la región patagónica, su población llega a duplicarse durante el verano y en temporada de ballenas (junio a diciembre) con un promedio de 100 a 150 mil turistas en cada período.

En este contexto, esta contribución tiene como objetivo presentar un mapa de zonificación de la susceptibilidad a la erosión costera en la zona urbana de Puerto Madryn (Fig. 1) que pueda ser de utilizar para la planificación urbana y el uso sustentable de los recursos costeros. La zonificación fue realizada mediante la aplicación de modelos costeros previamente establecidos (Bunicontro, 2015), los cuales a su vez fueron construidos sobre la base de perfiles topográficos de playa y el análisis de la sedimentología y geomorfología costera. Los mismos son: modelo de terrazas marinas de acumulación, modelo de costa de dunas y costa artificial y modelo de costa acantilada activa. A su vez, otros factores que potencian la susceptibilidad a la erosión costera fueron considerados para la zonificación como: tasa de retroceso de acantilados, presencia de desagües pluviales, rasgos de erosión e irregularidades propias de la roca.

Se identificaron tres sectores según susceptibilidad baja (a), media (b) y alta (c):

Sectores	Características generales
Sector 1 Susceptibilidad BAJA	**Modelo costero: terrazas marinas de acumulación** - Ubicación: al norte del muelle Alte. Storni No hay evidencias morfológicas de erosión costera (como plataformas de abrasión, escarpas, acantilados activos) Amplio desarrollo de playa distal (30-40m) - Presencia de bermas transitorias Conservación parcial de morfologías originales (cordones litorales) - Ausencia de desagües pluviales
Sector 2 Susceptibilidad MODERADA	**Modelos costeros: costa artificial y costa de dunas** - Ubicación: centro urbano de Pto. Madryn • *Modelo de costa con defensas:* Presencia de paredón vertical con presencia de desagües pluviales cada 100 m Disminución del nivel de playa - Socavamiento en la base del paredón vertical - Escaso desarrollo de rampas • *Modelo de costa con dunas:* Degradación y segmentación de la duna costera -Ausencia de bermas estables Moderado a bajo desarrollo de playa distal: ancho medio de 20 m.
Sector 3 Susceptibilidad ALTA	**Modelo costero: costa con acantilado activo** *Zona norte* - Ubicación: entre muelles Alte. Storni y Luis Piedra Buena Evidencias de erosión sobre el acantilado activo: caída de bloques, escaleras de acceso a la playa colgadas, presencia de cañerías con exposición subaérea, cárcavas - Presencia de plataforma de abrasión Tasas aproximadas de retroceso costero de entre 0,38m/año (1971-2016) y 0,26 m/año (1942-2011). Ausencia de playa distal y frontal Zona sur- Ubicación: Punta Cuevas Evidencias de erosión sobre el acantilado activo: caída de bloques, cavernas, cárcavas Importante diaclasamiento en acantilado activo - Presencia de plataforma de abrasión Ausencia de rampas eólicas y de playa distal - Escaso desarrollo de playa frontal (< 6m)

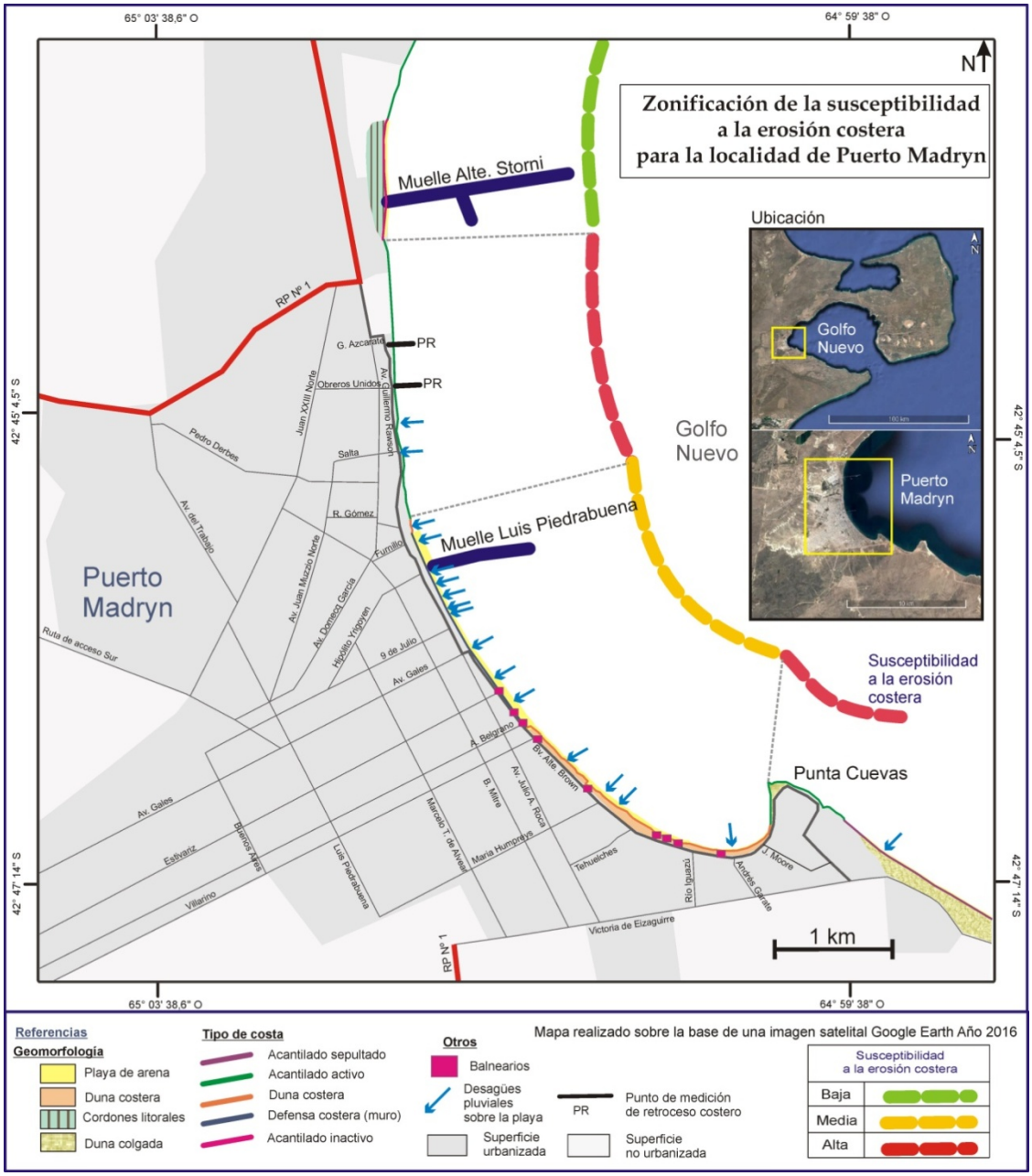


Figura 1. Mapa de zonificación de la susceptibilidad a la erosión costera para la zona urbana de Puerto Madryn (2018).

Para definir estrategias de manejo costero es necesario tener presente que incluso las medidas de mitigación de impactos pueden ser irreversibles. Por ello, se recomienda la implementación de medidas de remediación, como la restauración de las dunas costeras a través de barreras eólicas en el sector de susceptibilidad media y de adaptación (Pope, 1997) en los otros dos sectores, evitando la ejecución de medidas estructurales.

Los futuros planes de manejo deberán tender a recomponer, en lo posible, las morfologías costeras originales, a mitigar las alteraciones existentes y a la prevención de impactos futuros. A su vez, es necesario complementar estas medidas con tareas de difusión sobre la problemática costera a la comunidad local y con lineamientos de ordenamiento territorial para futuras urbanizaciones, a fin de lograr un manejo integrado de la zona costera y un uso sustentable de los recursos.

REFERENCIAS

Bunicontro, M. P. 2015. Elaboración de modelos costeros para la evaluación ambiental y manejo del área comprendida entre cerro Prismático y cerro Avanzado, golfo Nuevo, Chubut. *Actas del VI Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*. Ushuaia. p. 237-238.

Bunicontro, M. P. 2018. Geomorfología, evolución y dinámica costera: implicancias en el manejo costero y ambiental del Golfo Nuevo, provincia de Chubut. Tesis Doctoral de la Universidad de Buenos Aires. 244 p.

INDEC 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. http://www.indec.gob.ar/

Pope, J. 1997. Responding to coastal erosion and flood damages. *Journal of Coastal Research* 13: 704–710.

CONTROL GEOMORFOLÓGICO SOBRE LAS INUNDACIONES EN PUERTO MADRYN, PROVINCIA DE CHUBUT

M. Paula Bunicontro y Silvia C. Marcomini

Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (UBA-CONICET), Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.
paulabunicontro@hotmail.com

La ciudad de Puerto Madryn está ubicada en el sector occidental del Golfo Nuevo, provincia de Chubut (42°46' S-65°2'O), y representa una de las ciudades costeras y turísticas más importantes de la Patagonia. Desde 1940 al presente la ciudad no ha dejado de expandirse, registrando un desarrollo máximo con la instalación de la planta de aluminio Aluar (inaugurada en 1974). Entre los ´70 y ´80 la población se triplicó, mientras que sólo entre 2001 y 2010 aumentó un 40%, estimando una población actual cercana a los 100 mil habitantes permanentes (INDEC, 2010). Como consecuencia de este crecimiento poblacional desmedido, la superficie de terreno urbanizada e impermeabilizada aumentó, favoreciendo el escurrimiento superficial en períodos de precipitaciones. El objetivo de esta contribución es analizar la morfología costera original de la ciudad y su vinculación directa con los puntos que periódicamente son afectados por las inundaciones. Se considerará como caso puntual el evento pluvial registrado en enero de 2016.

Geomorfológicamente, Puerto Madryn está asentada sobre una topografía irregular representada por terrazas fluviales, bajos inundables, pedimentos, terrazas de acreción marina integradas por cordones litorales, que a su vez, está atravesada por cursos fluviales de régimen efímero que se desarrollan desde el oeste hacia el mar. La mayoría de estos rasgos están enmascarados por la urbanización actual, resultado de acciones como rellenos, nivelaciones y movimientos de tierra, por lo que las morfologías originales sólo pueden identificarse en fotografías aéreas históricas.

La región presenta un clima semiárido. Si bien la precipitación media anual es de 181 mm (1902-2016) (Colombani, 2016), su distribución es irregular a lo largo del año, concentrándose en períodos cortos, con registros de precipitación acumulada que pueden alcanzar hasta el 50% de la precipitación media anual (Bilmes *et al.*, 2016). Para estos autores, un evento extremo de precipitación es considerado cuando el registro supera los 50 mm diarios. Recientemente en el año 2016, la ciudad registró una precipitación máxima para el mes de enero de 64 mm, de los cuales 57 fueron sólo en un día (21 de enero) (Colombani, 2016). Si bien en este caso, se emitió un alerta meteorológico, el pronóstico de la magnitud del evento fue deficiente. Las consecuencias directas fueron la inundación de calles, veredas, casas y comercios en distintos barrios, colapso del sistema de drenaje y desagües pluviales y la ruptura del paseo costanero (Fig. 1). Anteriormente, eventos similares ya habían sido documentados en 1985, 1991, 1992, 1998, 2013 y 2014 (Monti, 1996; Bilmes *et al*., 2016).

Figura 1. Consecuencias de la inundación de enero de 2016 sobre la avenida costanera en Puerto Madryn.

Se realizó una comparación entre la ubicación de los puntos más afectados de la ciudad (Bilmes *et al.*, 2016) y su ubicación sobre la fotografía aérea del año 1957 (oportunamente georeferenciada y superpuesta a una imagen satelital Google Earth 2017), en la cual se observan los rasgos morfológicos originales de la bahía, precedentes al desarrollo de la urbanización. Al mismo tiempo, sobre ambas imágenes, se superpuso la red de drenaje, trazada sobre la base de un modelo de elevación digital del terreno (DEM) del 2012 previamente procesado mediante el programa Global Mapper.

Como resultado de este análisis, se observa que los sitios más afectados se corresponden originalmente con depresiones naturales asociadas a paleocauces, bajos con lagunas efímeras sin conexión con el mar y depresiones entre cordones litorales (Fig. 2). Precisamente, en algunos casos, las calles inundadas se localizan en zonas de confluencia de cauces (Cuadro A-Fig. 2) o se alinean perfectamente con los bajos desarrollados entre distintos sistemas de cordones litorales (Cuadro B-Fig. 2). Es decir, que la ubicación de los sitios inundables responde a la topografía, la cual sigue la morfología original del terreno. Sin embargo, sus variaciones o irregularidades no ha sido contemplada en la planificación del desarrollo urbano, especialmente en los sectores más vulnerables en donde el loteo de viviendas resulta más desorganizado y deficiente.

El drenaje deficiente de pluviales y la obstrucción de lugares naturales de escurrimiento superficial son factores agravantes del control geomorfológico de las inundaciones (Bilmes *et al*., 2016). Sumado a esto, el diseño reticulado de las calles asfaltadas y su disposición preferencialmente perpendicular a la costa favorece el rápido escurrimiento superficial hacia el mar, disminuyendo la infiltración. Como consecuencia, se genera otra problemática: erosión de playa localizada en la desembocadura de los desagües pluviales y segmentación de la duna costera, favoreciendo el desbalance sedimentario en el sistema costero natural (Bunicontro, 2018).

Para definir estrategias de manejo es necesario identificar las causas que provocan el fenómeno en cuestión (inundaciones, erosión, etc.), partiendo de un conocimiento del medio en un contexto espacial y temporal. Se ha reconocido en la fotografía histórica que las planicies de inundación de los cursos fluviales originales así como las depresiones elongadas entre los cordones litorales, controlan actualmente el sistema de drenaje y el escurrimiento del flujo (ya sea hacia el mar u obturándolo). Por ello, para este caso en particular, el análisis de la geomorfología representa una herramienta fundamental que permite comprender los factores naturales que controlan la localización de los sitios inundables. Se considera además, que este tipo de estudio resulta de gran utilidad para hacer un correcto uso del territorio y aplicarlo en la planificación de futuras urbanizaciones.

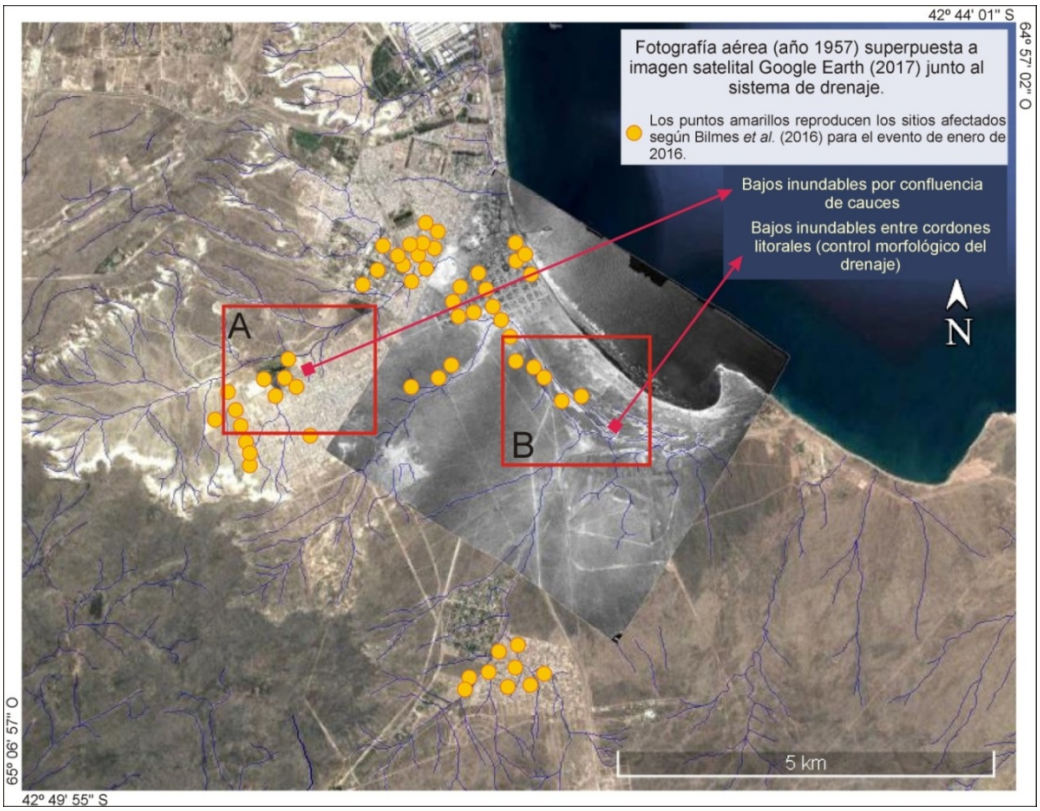


Figura 2. Localización de los puntos de la ciudad de Puerto Madryn afectados por la inundación de enero de 2016 (tomado de Bilmes *et al*., 2016) y su correlación con el sistema de drenaje y las morfologías costeras originales. Estas últimas son identificadas en la fotografía aérea del año 1957, superpuesta a una imagen satelital Google Earth actual (2017). Los cuadros A y B muestran dos tipos de depresiones inundables naturales. A: bajo asociado a un paleocauce correspondiente al diseño dendrítico con pendiente hacia el mar. B: Bajos elongados formados por una terraza de acreción marina cuya lineación está controlada por la disposición paralela de los cordones litorales.

REFERENCIAS

Bilmes, A., Pessacg, N., Alvarez, M.P., Brandizi, L., Cuitiño, J.I., Kaminker, S., Bouza, P.J., Rostagno, C.M., Núñez de la Rosa, D. y Canizzaro, A., 2016. Inundaciones en Puerto Madryn: Relevamiento y diagnóstico del evento del 21 de Enero de 2016. Inf. Tec. CCTCONICET-CENPAT, p. 20.

Bunicontro, M. P. 2018. Geomorfología, evolución y dinámica costera: implicancias en el manejo costero y ambiental en el Golfo Nuevo, provincia de Chubut. Tesis Doctoral de la Universidad de Buenos Aires. 244 p.

Colombani, E. 2016. La variabilidad climática al extremo: análisis de precipitaciones en la provincia de Chubut durante el año 2016. Informe del Área de Agrometeorología de INTA Chubut, Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina, p. 11. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_precipitaciones_chubut_2016.pdf

INDEC 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. http://www.indec.gob.ar/

Monti, A. 1996. Características geológicas, zonificación y usos de la costa en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut. Revista de la Asociación Argentina Aplicada a la Ingeniería, 10: 199-212.

CALIDAD AMBIENTAL RECREATIVA: OTRA PERSPECTIVA DE MEDICIÓN DEL IMPACTO HUMANO EN LAS PLAYAS TURÍSTICAS

Camilo M. Botero, Diana Tamayo.
Grupo de Investigación en Sistemas Costeros, Santa Marta – Colombia.
gi.sistemascosteros@gmail.com

La calidad ambiental en playas turísticas – CAPT se ha estudiado en Colombia de forma sostenida desde el año 2002, cuando se realizó la primera propuesta del Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas – ICAPTU (C. M. Botero, 2002). En términos generales, la CAPT se define como el estado que presenta en un momento dado el sistema socio-natural playa, en relación con su funcionamiento como ecosistema y satisfactor de necesidades humanas (entre ellas la subsistencia, el ocio y la identidad), integrando tres dimensiones: sanitaria, ecosistémica y recreativa (C. Botero, Pereira, Tosic, & Manjarrez, 2015). A partir de esta conceptualización, en abril de 2017, y en el marco de la Convocatoria para Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación en Ciencias del Mar para la Región Caribe N° 748 de 2016, se inició el proyecto "*Construcción de un indicador de calidad ambiental ecosistémica en las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano*", con el cual se completaría la versión 3.0 del ICAPTU. Dentro de las actividades del proyecto, además de avanzar el indicador de Calidad Ambiental Ecosistémica, se incluyó la finalización de los otros dos indicadores del índice (sanitario y recreativo). La ponencia que se presenta se enmarca en la descripción del tercer indicador, correspondiente a la Calidad Ambiental Recreativa (CAR), desarrollado en su totalidad por el Grupo de Investigación en Sistemas Costeros.

La CAR se define como el estado que presenta en un momento dado el sistema socio-natural playa, con el objeto de satisfacción de las necesidades de ocio por parte de quienes visitan las playas turísticas. Esta concepción novedosa ubica la interacción hombre-naturaleza en las playas turísticas en función de la satisfacción de la necesidad humana de ocio, definida en el marco epistemológico del Desarrollo a Escala Humana (Max-Neef, 1993). Asimismo, incluye al ser humano como un receptor-emisor de los impactos ambientales generados por su actividad turística en las playas. En consecuencia, se plantea una relación bidireccional de la interacción hombre-naturaleza, que supera los paradigmas biocéntricos y antropocéntricos, para integrarlos en un solo marco de referencia.

Dentro del diseño operacional de la CAR, y teniendo como premisa la medición cuantitativa de los factores que afectan la satisfacción de la necesidad de ocio en las playas turísticas, se identificaron siete parámetros que conforman el Indicador de Calidad Ambiental Recreativa (ICAR): Seguridad (Rt), Ruido (Nr), Rigidización (Rg), Residuos Sólidos (Rs), Paisaje (Ps), Ordenación (Od), Olor (No). La tabla 1 presenta la descripción de cada uno de estos parámetros, así como su modelo de medición, que consta de dos partes: 1. Ecuaciones de integración de las variables del parámetro; 2. Ecuación de normalización, donde la CAR se representa como la proyección del parámetro en el eje y. De cada uno de estos parámetros se elaboró una hoja metodológica, un protocolo de medición y los formatos para su registro en campo.

Como resultado se presenta un método novedoso de cálculo del impacto humano en las playas turísticas, que permite desde la ingeniería ambiental cuantificar fenómenos de orden cualitativo ligados a la actividad turística. Aunque varios de los parámetros fueron diseñados desde la versión 2.0 del ICAPTU (Pereira, 2015), en esta nueva versión se completó la batería de parámetros, así como la actualización de los ya construidos. La aplicación de estos parámetros en las playas turísticas de Colombia en particular, y de América Latina en general, permitirá que la toma de decisiones en gestión de playas sea más omnicomprensiva, aunque deberá estar complementada por las otras dos dimensiones de la CAPT: sanitaria y ecosistémica. En conclusión, se coloca a consideración de la comunidad científica, por un lado, y de los gestores de playas, por el otro, una herramienta que aún imperfecta, significa un avance en el reconocimiento de la actividad turística como una oportunidad-amenaza para el equilibrio dinámico del sistema socio-natural playa.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	MODELO MEDICIÓN
Seguridad (Rt)	Mide la CAR de la playa, en función de los riesgos reales y percibidos por los usuarios que la visitan.	Rp = (∑ Ep) / 10 Rp = -0.012x + 1.25 Rr = Ap * Nd * Ne * Nc Rr = 1.048 * 0.998^{x} Rt = (Rp * 0.5) + (Rr * 0.5)
Ruido (Nr)	Mide el Nivel de Ruido asociado a diversos tipos de fuentes, determinando cómo estos en conjunto afectan la CAR de la playa turística.	Nr = P * α * β * FC Nr = -0.10x + 1.00
Rigidización (Rg)	Mide la CAR de cada tipología de playa con relación a la presencia y/o desarrollo de las construcciones que allí se presentan, así como su afectación o beneficio en la satisfacción de las necesidades de ocio y recreación de los usuarios.	Rr = 3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc Rr = -0.0115x + 1.15 Rp = (∑ Ep) / 10 Rp = -0.25x + 1.25 Rg = (Rr * 0.5) + (Rr * 0.5)
Residuos Sólidos (Rs)	Mide el grado de valoración para diversas categorías de residuos sólidos presentes en la arena de la playa, y de manera subsecuente, determinar cómo estos en conjunto afectan su CAR.	Rs = G * α * FC Rs = 1,049 * $0,998^{x}$
Paisaje (Ps)	Mide la CAR en función de factores visuales naturales y humanos en playas turísticas y su capacidad de aceptación por los usuarios.	Ps = ∑ Fn + Fh Ps = 0.0147x * -0.25
Ordenación (Od)	Mide las condiciones de organización en las playas turísticas que influyen en la CAR, relacionada con las necesidades de ocio y el grado de satisfacción de los usuarios en una playa.	Od = ((Oe*Ie) + (On*In) + (Oc*Ic) + (Ou*Iu)) / 4 Od = x
Olor (No)	Mide el Nivel de Olor percibido para diversas categorías de aromas y/o hedores, y de manera subsecuente, determinar cómo éstos en conjunto afectan la CAR de una playa turística.	No = P * α * β * γ * FC No = -0.05x + 1.00

Tabla 1. Parámetros del Indicador de Calidad Ambiental Recreativa

REFERENCIAS

Botero, C. M. (2002). Propuesta de un modelo para medir la calidad ambiental en playas turisticas. Universidad de La Salle.

Botero, C., Pereira, C., Tosic, M., & Manjarrez, G. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. Ocean & Coastal Management, 108, 65–73. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.07.017

Max-Neef, M. (1993). Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad. https://doi.org/10.1080/10584600802686105

Pereira, C. (2015). Calidad Ambiental en Playas Turísticas. Aportes desde el Caribe Norte Colombiano. Santa Marta: Red Iberoamericana Proplayas, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena, PlayasCorp.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOMECÁNICA DE LOS IMPLAZAMIENTOS DE LAS PRESAS ING. C. CASSAFFOUSTH E ING. B. REOLÍN, RÍO CTALAMOCHITA. PROVINCIA DE CÓDOBA

Néstor J. Vendramini[1], Marcela A. Cioccale[1], Romina V. Robles[1], Claudio A. Carignano[2] y Eduardo García Aráoz[1]

[1] *Escuela de Geología. Departamento Geología Aplicada Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Universidad Nacional de Córdoba.*

[2]*CICTERRA (CONICET-UNC) Escuela de Geología. Departamento Geología Aplicada Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Universidad Nacional de Córdoba.*

nvendram@hotmail.com; mcioccale@hotmail.com

El parque hidráulico de la provincia de Córdoba, en lo referido a presas, tiene en general más de cincuenta años de antigüedad. La documentación técnica disponible en aspectos relacionados con información geológica y geotécnica es escasa, no tratada en términos del estado actual del conocimientos ni con los recursos tecnológicos disponibles (Vendramini et al. 2014). El objetivo del presente trabajo es realizar una caracterización geológica y geomecánica preliminar de los macizos rocosos correspondientes a los sitios de emplazamiento de las presas Ing. Cassaffousth e Ing. B.Reolín (Río Ctalamuchita) con el fin de aportar nuevos conocimientos del área de solicitud de las obras mencionadas.

El área de trabajo abarca las presa compensadoras del Dique Embalse de Río Tercero (Fitz Simon), presas Ingeniero Cassaffousth (o Segunda Usina) y en el dique Ingeniero B. Reolìn (o Tercera Usina) ubicados en el Departamento Calamuchita de la provincia de Córdoba al este del mismo, con coordenadas 32º 12’ S; 64º 23’W y 32º 10’ S; 64º 20’W, respectivamente (Figura 1). Las presas se ubican El complejo metamórfico Sierra Chica (Sierras Pampeanas orientales), representa el basamento de edad Proterozoico superior a Cámbrico inferior, y constituye la base de la columna estratigráfica donde se intruyeron posteriormente los cuerpos tonalíticos ordovícicos, y sobre los que se apoyan el complejo volcano-sedimentario del grupo los Cóndores (Cretácico inferior) y sedimentos cenozoicos que completan la secuencia (Robles, 2015).

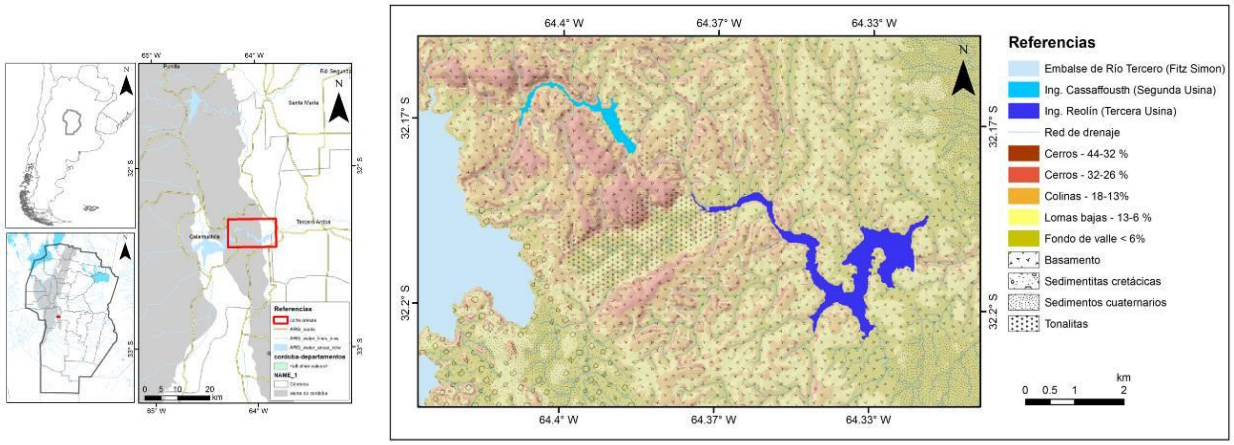


Figura 1. Ubicación y Mapa geológico-geomorfológico

Los aspectos metodológicos principales incluyeron: mapeo geológico integrador a partir de imágenes satelitales (Sentinel2, Google Earth) y modelos digitales de elevación (MDE-AR, IGN) con desarrollos de cartas digitales temáticas y memorias de geología regional y local, evaluación de condiciones de roca intacta tipo mediante análisis petrográficos y resistencia uniaxial en muestras prismáticas, evaluación de macizos rocosos en el área de encaje de los aprovechamientos, a partir de análisis geotécnicos específicos en afloramientos de los emplazamientos.

La Tabla 1 sintetiza los resultados preliminares de los estudios realizados en los afloramientos. Se presentan: foto de los macizos rocoso, cortes delgados, resultados de los ensayos de compresión uniaxial y las clasificaciones del macizo rocosos RMR y GSI respectivamente. Se completa el informe con los datos del modelado de parámetros (Vendramini, 2005, 2006, Vendramini y Niell 1994, 1999, 2000).

Diferencias principales de encaje geológicos para ambas presas: Los diques se emplazan sobre el Complejo Metamórfico Sierra Chica. El dique Ing. C. Cassaffousth se apoya sobre migmatitas granatíferas, el macizo rocoso presenta mayor fracturamiento y se ubica más cerca de las fallas sísmicamente activas. El dique Ing. C. Reolín encajado sobre ortogneises, exhibe menor grado de fracturación y una mayor distancia a las fallas dentro del área de trabajo. En el marco de sismicidad del área de estudio, se identifican fajas de cizalla con características sismogénicas que aplicando la ecuación de Wells y Coppersmith serían capaces de producir terremotos de Magnitud

comprendida entre 6 y 6.8 Los valores de PGA (*Peak Ground Acceleration*) son elevados para las fallas menores Cerro Colorado y Monsalvo y para la Falla de Sierra Chica. Se encuentran en concordancia con INPRES.

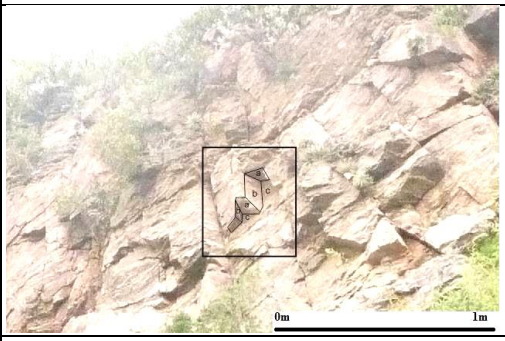
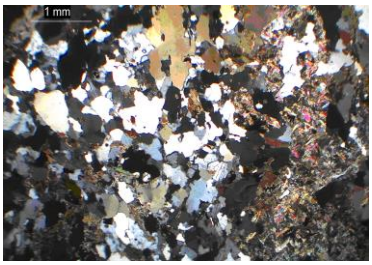
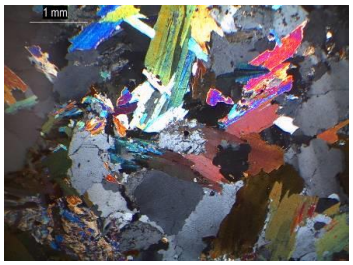
	PRESA ING. C. CASSAFFOUSTH	**PRESA ING. B. REOLIN**
Afloramiento		
Corte Delgado	 **Migmatita**	 **Ortogneis**
Compresión Simple σ_c (MPa)	***30-42***	***45-52***
RMR	**Clase III. Matriz rocosa media**	**Clase II. Matriz rocosa buena**
GSI	**40-45**	**45-50**
Modelado de parámetros (Macizo Rocoso)	**Clasificación Hoek-Brown** Comp. uniaxial roca intacta = 35MPa GSI=40 mi=12 Factor D=0,2 Ei = 12000 MPa **Criterio Hoek-Brown** mb= 1,110 s= 0,0008 a= 0,511 **Mohr-Coulomb** Cohesión= 0,555 Mpa φ = 38,97 **Parámetros del Macizo** Resistencia a la Tracción = -0,025 MPa Resist. Compresión Uniaxial= 0,907 MPa Resist. Global = 4,726 MPa Módulo de Deformación = 1427,82 MPa	**Clasificación Hoek-Brown** Comp. uniaxial roca intacta =42MPa GSI=45 mi= 13 Factor D=0,2 Ei= 12500 MPa **Criterio Hoek-Brown** mb= 1,466 s= 0,0014 a= 0,508 **Mohr-Coulomb** Cohesión= 0,667Mpa φ = 42.96 **Parámetros del Macizo** Resistencia a la Tracción = -0,041 MPa Resist. Compresión Uniaxial= 1,508 MPa Resist. Global = 6,652 MPa Módulo de Deformación = 2083,31MPa

Tabla 1. Resultados preliminares de la caracterización geotécnica de los macizos rocosos

Referencias

ROBLES, V. 2015. Caracterización geológica-geomecánica del área de encaje de las presas Ing. C. Cassaffousth (embalse compensador central Fitz Simon) e Ing. B. Reolín- Sistema Río Tercero. Trabajo Final. Escuela de Geología. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Inédito. 123p.

VENDRAMINI, N. 2005. Procesamiento Integral de resultados de Ensayos Triaxiales en Rocas Parámetros Obtenidos en Diferentes Litotipos.

VENDRAMINI, N. 2006. Análisis Bloquimétrico de Macizos Rocosos Fracturados. ASAGAI (Volumen 20 – pag.125-129).

VENDRAMINI, N. Y NIELL, A. 1994. Tratamiento de datos de orientación de discontinuidades Modelo Estructural Probabilístico. ACTAS Asoc. Arg.Geol. Apl. Ing.: Vol. VIII, 122-134 (1994) Bs.As.

VENDRAMINI, N. Y NIELL, A. 1999. Tratamiento de Frecuencias de Discontinuidades Determinadas por Líneas de Muestreo Incorporando la Incertidumbre Estadística de los Datos. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. N° 14. 161 – 164. 1999. Buenos Aires.

VENDRAMINI, N. Y NIELL, A. 2000. Modelo Computacional para Cálculos de Estabilidad de Taludes por Equilibrio Límite, Fallas Planas y en Cuña Análisis Determinístico y Estocástico.

VENDRAMINI, N.J., REYNA, S.M., LÁBAQUE, M. REYNA, M.T. y TOSELLI, L. 2014. Aprovechamientos hidraúlicos relevantes. En: R. Martino y A. Guereschi (Eds.), Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino-Córdoba. Recursos Naturales. Asociación Geológica Argentina, pp.1163-1177. Córdoba.

CONDICIONES GEOMECÁNICAS DE MACIZOS ROCOSOS EN FRENTES DE LEVANTAMIENTO: EVIDENCIAS EN EL EXTREMO SUR DE LA SIERRA DE SAN LUIS

Daniel A. Sales y Carlos H. Costa

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.

sales@unsl.edu.ar; costa@gmail.com

Se analizan las condiciones geomecánicas del frente de levantamiento neotectónico de la sierra de San Luis, como ejemplo de la variación de las mismas, en las zonas donde se concentró el levantamiento de esta sierra. La deformación frágil ha sido aquí la principal modalidad deformacional desde el Carbonífero, con un notorio control de las estructuras internas del basamento cristalino en la imposición estadística de fracturas (Criado Roque *et al.* 1981, Costa 1992, Sales y Costa 2010). Estas estructuras fueron las principales responsables de la configuración morfoestructural andina de la sierra de San Luis, que se caracteriza por bloques ya estructurados del basamento cristalino, ascendidos y basculados hacia el Este, por fallas marginales inversas submeridianas con vergencia occidental (Criado Roque *et al.* 1981, Costa 1992, Costa *et al.* 2000, Sales y Costa 2010, entre otros).

Desde el Plioceno habrían tenido lugar los episodios de deformación responsables de la expresión morfológica actual. Las estructuras frágiles se concentraron en el frente de levantamiento ubicado al pie de la ladera occidental de la sierra, representadas por el Sistema de Fallas de San Luis (SFSL) (Costa 1992, Sales y Costa 2010).

El análisis consiste en aplicar el método sugerido para la descripción cuantitativa de las discontinuidades de la International Society for Rock Mechanics (ISRM, 1977), relevándose los parámetros necesarios para caracterizar el macizo rocoso (Tabla 1).

El sector de análisis, comprende una transecta aproximada de 2km en sentido Oeste a Este, donde se analizan las estructuras frágiles expuestas en los taludes de precorte, distribuidas en estaciones geomecánicas (N=5), en el camino que une la localidad de La Punta hasta la cumbre serrana a la latitud 33º11´S (sector austral de la Sierra de San Luis) (Figura 1a). En ellas, se observa la variación de las condiciones mecánicas del macizo granítico, desde el sitio cercano al trazo del SFSL hacia el interior de la ladera. Este cambio en la calidad de la masa rocosa, es producto del resultado de la interacción de diferentes sistemas de fracturas representadas por fallas inversas con rumbo predominante NNO-SSE y fallas extensionales NO-SE, que determinan la inestabilidad de los taludes del sector de estudio, mediante rotura principalmente planar, y en forma subordinada en cuña y vuelco.

El inicio de la transecta, se encuentra distante aproximadamente a 50 m al Este del quiebre de pendiente de la ladera occidental, coincidente con la zona de deformación principal asociada al SFSL. En este sector, el macizo se encuentra afectado por cizalla frágil, destacándose la elevada densidad de fracturación de diferentes sets de discontinuidades (N=4), que provocan la típica caída de derrubios, favorecido por la desagregación cataclástica. Los bloques mayores frescos, presentan resistencia moderada a la matriz rocosa (Tabla 1-G1, Figura 1b).

Hacia el interior de la ladera, a unos 250 m del SFSL, el grado de disgregación mecánica disminuye aunque se observa que los efectos de cizallamiento frágil, han generado un macizo muy fracturado. Se reconocen también cuatro sets de fracturas, pero con menor densidad de fracturación en dos de ellas, principalmente aquellas con con buzamientos de muy bajo ángulo (subhorizontales), donde el espaciado entre el mismo set aumenta, generando bloques con mayor tamaño que la estación anterior (Tabla 1-G2). En los bloques mayores, la resistencia a la matriz rocosa varía de moderada a dura, ligeramente meteorizada, donde disminuye la desagregación cataclástica (Figura 2c).

En la estación geomecánica G3 (Tabla 1), distante aprox. a 530 m al Oeste del trazo del SFSL, la participación en la misma cantidad de discontinuidades es similar a los anteriores, el macizo granítico, presenta una matriz rocosa con una meteorización moderada y resistencia dura a muy dura. Los bloques tienden a tener mayor dimensión en el análisis mesoscópico, pero al medir su fracturamiento, hay una importante densidad de fracturas en cada set, generando bloques entre $10cm^3$ y $1m^3$.

La estación G4 (Tabla 1), situada a unos 1470 m al Oeste del inicio de la transecta, el macizo tiene una elevada resistencia a la matriz rocosa, que varía de dura (granito) a muy dura (diques aplíticos). La meteorización observada en el afloramiento, es baja (diques) a media/alta (granito) (Figura 1d).

Por último, el sitio G5 (Tabla 1), coincidente con el sector cumbral, la familia principal tiene rumbo NE-SO, con un espaciamiento promedio entre 0,20 a 0,50 m y una resistencia a la roca intacta “muy dura”. El resto de los sets, tienen similar comportamiento (Figura 1e).

Lo descripto, permite determinar que para el macizo granítico, éste presenta condiciones geomecánicas variadas a lo largo de una transecta en dirección transversal al SFSL, que provocaron el levantamiento de la sierra de San Luis, con una mayor densidad de fracturas de las diferentes familias de discontinuidades en sectores cercanos al trazo de la falla, producto de la intensa actividad tectónica concentrada en el sector. Hacia el interior de la ladera, el espaciado de las fracturas en algunos sets, tienden aumentar, desapareciendo los fenómenos de cataclasis.

Estación	N° Sets de fracturas	Espaciado (cm)	Continuidad (cm)	Abertura (cm)	Grado de Disgregación mecánica	RQD estimado (%)	Indice RMR	Calidad geomecánica
G1	4	20 a 60	< $1m_3$	0,025 a 0,3	alta	< 25	51	Media
G2	4	2 a 6 y 20 a 60	< $1m^3$	0,025 a 0,25	alta	25-50%	56	Media
G3	4	2 a 6 y 20 a 60	< $1m^3$	0,025 - 0,10	media	25-50%	62	Buena
G4	4	2 a 6 y 20 a 60	1 a 3 m^3	0,05-0,10	media	50-75%	69	Buena
G5	4	20 a 60	< $1m^3$	0,05-0,10	media	50-75%	61	Buena

Tabla 1: Síntesis de los datos obtenidos en las cuatro estaciones geomecánicas, que forman parte de la transecta de la zona de estudio

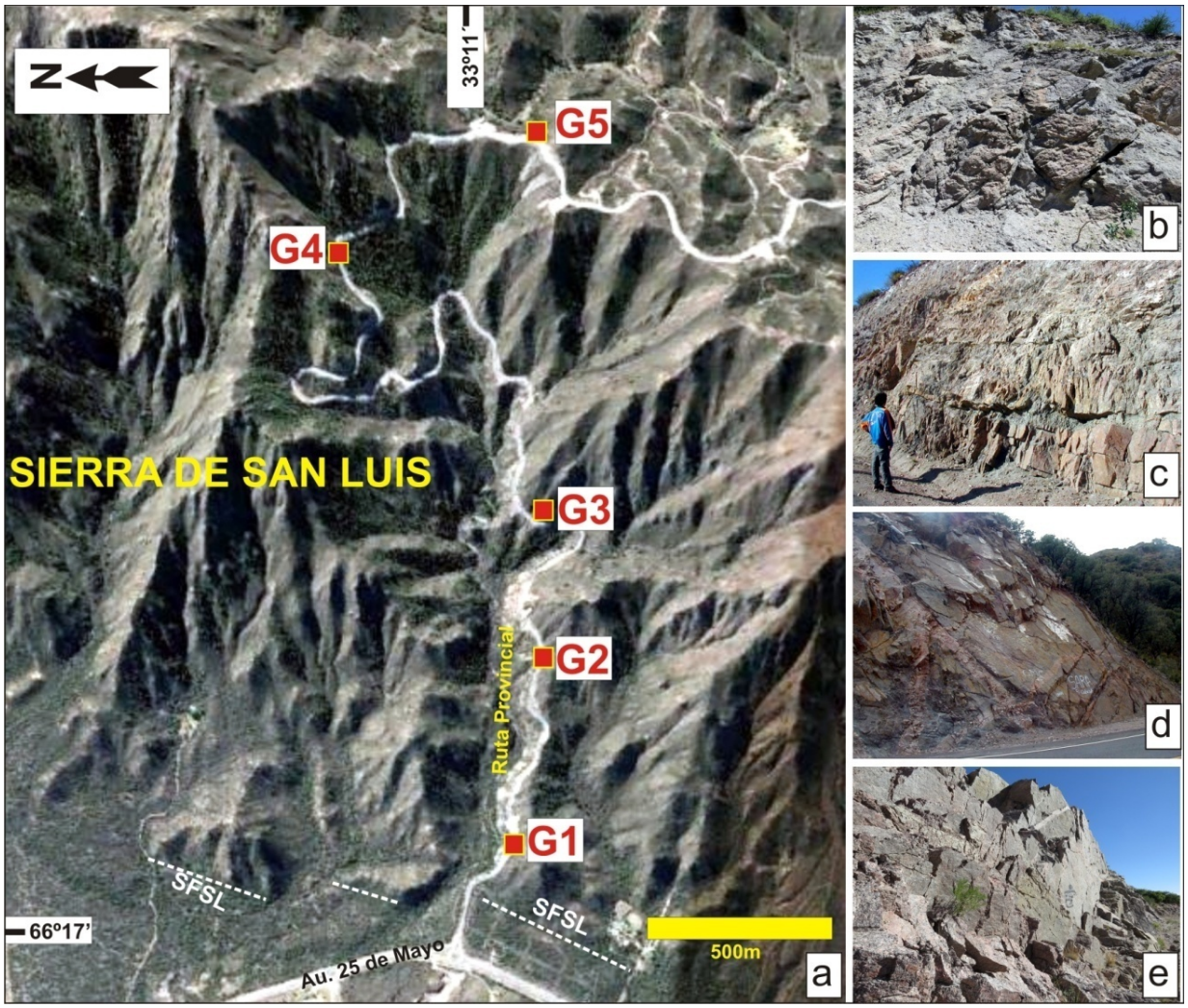


Figura 1: a) Vista hacia el este de la transecta de estudio, entre el SFSL y el sector cumbral, **b)** Macizo granítico altamente fracturado por cizalla frágil en el sector G1, **c)** Avanzado grado de disgregación mecánica pero con menor grado de cataclasis en el sector G2, **d)** Disminución de la densidad de fracturas por metro lineal y generación de bloques mayores en el sitio G4, **e)** Macizo granítico muy resistente, donde se observa fracturas que cortan ortogonalmente, generando bloques menores al $1m^3$

GEOMECÁNICA DE ROCAS DE SERRANÍA AGUARAGUE CENTRAL. BOLIVIA

Faisal Sadud
FASAD ingeniería y servicios s.r.l.
faisalsadud17@gmail.com

La serranía Aguarague en las proximidades de Villamontes BOLIVIA, se constituye en la primera elevación montañosa oriental del Sub-andino Sur y la que por efectos de plegamiento Andino resultó una estructura anticlinal asimétrica con buzamiento de 75-85° en su flanco occidental, que impide la construcción de obras lineales de ingeniería.

La serranía ya ha sido atravesada por un túnel de 2070 m de longitud, utilizado para ductos petroleros, y se planifica la construcción de otros túneles de más de 1500 m de longitud para tráfico carretero.

El presente trabajo trata sobre el conocimiento geológico-geotécnico y a la determinación de las características geomecánicas de los macizos rocosos del Aguarague, aspectos fundamentales para el diseño de geometría y características estructurales de los túneles,

Se utilizan sistemas de clasificación RMR (Bieniawski) y Q (Barton) y GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX) habiéndose desarrollado perfiles geológicos y geotécnicos de las unidades rocosas

Se consideran aspectos de impacto medioambientales en relación a la afectación de los reservorios hídricos contenidos en las rocas atravesadas

MONITOREO MICROSÍSMICO PARA CONTROL DE AIRBLAST EN UN SLC

Hugo Quiroga[1]; Daniel Nadal; Ricardo Kunz[1] y Nicolas Briolini[1]
[1]*Yamana Gold - Minas Argentinas S.A – Gral. Paz 558 (Oeste) San Juan - Argentina*
hugogquiroga@gmail.com; nadaldm@gmail.com; kunzricardo@hotmail.com; nicolasbriolini@gmail.com

El presente trabajo corresponde a los buenos resultados obtenidos durante un evento AirBlast ocurrido en mayo del 2017, en la Mina Gualcamayo, emplazada en un sector de la pre cordillera Central Sanjuanina, ubicada en el Departamento de Jáchal, a una longitud de 68° 35´O y 29°40 ´S. La geología del sector esta representada por depósitos carbonaticos del Ordovícico, rocas clásticas continentales de edad Carbonífera y Terciaria cubierta por conglomerados Cuaternarios. Mina Gualcamayo es operada por Minas Argentinas S. A. de la empresa Yamana Gold, se ubica en el extremo NE de la provincia de San Juan, en el Departamento de Jáchal, próximo al límite con la provincia de La Rioja. Su principal negocio es la extracción de oro a través de su mina a cielo abierto y operación minera subterránea.

El método de explotación Sub Level Caving (SLC), con el cual es explotado el cuerpo subterráneo de Mina Gualcamayo, es un método que tiene asociado un riesgo de alto nivel: “Efecto Pistón” o “AirBlast”. El AirBlast corresponde al desplazamiento de masas de aire a alta presión y velocidad, que se origina por el desprendimiento de una gran masa de roca dentro de la cavidad generada por la explotación. Este aire, al ser comprimido, busca salida por todas las galerías que conecten con dicha cavidad recorriendo las excavaciones subterráneas y arrastrando lo que se encuentre en ellas. En algunos casos históricos estas velocidades han alcanzado los 1000 km/h, como es el caso de la Mina NorthParkes en New South Wales, Australia, en noviembre del año 1999.

La mina subterránea de Gualcamayo es monitoreada por un sistema micro sísmico que se utiliza para ayudar a mitigar los riesgos y mejorar la producción de las operaciones mineras. Este sistema entrega una respuesta en tiempo real acerca de la condición del macizo rocoso durante la explotación del mismo.

Los sensores sísmicos (geófonos) están distribuidos a los largo de varios niveles de la mina, con el objetivo de registrar los eventos micro sísmicos asociados con las tensiones regionales o mineras del macizo rocoso. La información micro sísmica es adquirida por los registradores sísmicos (datalogger) y se transmite a una oficina de monitoreo en superficie, a través de la red local de la empresa. Personal a cargo, monitorea en forma permanente el software especifico que se utiliza para procesar y mapear los eventos en tiempo real y dar aviso en condiciones de alarma, prestablecidas en un protocolo de acción.

El sistema micro sísmico instalado en la Mina Gualcamayo, permite conocer en tiempo real, la condición tensional del macizo rocoso originada por el avance del SLC y poder anticipar un AirBlast o Efecto Pistón, con el tiempo necesario para poner en practica el protocolo de evacuación de la mina subterránea.

Sumado al sistema micro sísmico, el riesgo de AirBlast es controlado mediante la construcción de barreras u obstáculos (tapados rígidos) en las galerías que tengan conexión con la cavidad y practicas operaciones en las bocas de extracción (calles abocadas).

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PARA CARPETA ASFÁLTICA, RUTA PROVINCIAL 30, LA PUNILLA-RIO CUARTO, ARGENTINA.

Diego Sebastián Pagano[1,2], Oscar Damián Ibañes[1], José Rubino[3], Carlos Frau[2], Graciela Maldonado[2]
[1]*Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
[2]*CeReDeTeC, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, ARGENTINA*
[3]*Coingsa SA.*

dpagano@mendoza-conicet.gob.ar

Los agregados constituyen del 88 al 96 % del peso de un pavimento bituminoso y algo más del 75% del volumen del mismo. La calidad del agregado contribuye a la estabilidad mecánica soportando y trasmitiendo las cargas por tráfico. La durabilidad de un agregado se considera dependiente de una cantidad de parámetros: 1) las características originales del agregado, petrografía, composición, estructura; 2) el estado de estrés que soporta durante su uso en construcción y 3) el clima, temperatura y balance hídrico de una región (Fookes *et al.*,1988). En esta contribución se analizan las características petrográficas de dos muestras representativas de pedregullos provenientes de dos canteras, ubicadas aproximadamente a 120 Km de la ciudad de Río Cuarto, para su uso en la carpeta asfáltica de la ruta Provincial 30, La Punilla-Río Cuarto. Los resultados son comparados con los ensayos por degaste mecánico y las fallas mecánicas en obra.

La muestra M1 (recomendada por Vialidad Provincial) (Figura 1A) presenta una marcada homogeneidad composicional, el material muestra fragmentos angulosos y subangulosos, se constituye de granitoides con textura media inequigranular, consisten de cuarzo, microclino y plagioclasa, con granate, muscovita y sillimanita como minerales accesorios. Localmente se observa deformación intracristalina en cuarzo (textura en damero) y desplazamiento de planos de macla en plagioclasa, lo que sugiere deformación de baja temperatura. Esporádicamente algunos agregados están fracturados, mostrando superficies planas con pátinas de óxidos.

La muestra M2 (no recomendada) (Figura 1B) presenta una marcada heterogeneidad composicional y textural. Se constituye mayormente de granitoides, mármoles puros e impuros y gneises, en orden de abundancia, aunque en algunas muestras, el mármol es la fracción más abundante (85.4%). Los componentes minoritarios corresponden a partículas fuertemente alteradas con presencia de arcillas, y partículas monominerales de cuarzo y feldespato potásico. Los granitoides presentan textura de grano fino a medio equigranular, con cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa como minerales principales, biotita como mineral accesorio, y epidoto y sericita como minerales secundarios. La plagioclasa se presenta moderadamente alterada con reemplazos de sericita. El cuarzo muestra textura en damero, bordes fragmentados y recristalización en bordes de grano, lo que sugiere deformación de baja a media temperatura. Por otra parte los mármoles muestran textura de grano medio a grueso y estructura maciza, consisten de abundante calcita (>95%) y presencia local de cloritas, posible estaurolita y minerales fibrosos no identificados, como relleno de fracturas y producto de alteración de calcita. Los gneises presentan textura de grano fino equigranular y estructura fluidal. La roca consiste de cuarzo, feldespato, plagioclasa, y anfibol intersticial, con epidoto y sericita como minerales secundarios. El cuarzo exhibe textura en damero y recristalización en bordes de grano. La plagioclasa muestra dislocación de red y curvatura en planos de macla.

Los ensayos de desgaste se detallan en la Tabla 1, los resultados muestran mayor pérdida por abrasión para M1, con valores de hasta 59 %. En comparación con M2, la muestra M1 tiende a fracturarse bajo condiciones de estrés térmico durante el proceso de elaboración de asfalto, aproximadamente a los 220°C. Este fenómeno sugiere la presencia de agua alojada en microfracturas. A este respecto, el cálculo del porcentaje de humedad de los agregados entrega valores de 0.3% de agua para la muestra M1 y 0% para M2. Si bien se trata de un muy bajo porcentaje de humedad es importante aclarar que la muestra corresponde a un granitoide cuyas características sugieren un medio pobremente poroso.

En base a los resultados obtenidos del análisis petrográfico y los ensayos de pérdida por abrasión, y atendiendo a las normas VN-E-67-75 y VN-E-66-82 se concluye que no es recomendable el uso de estos agregados para carpeta asfáltica. La muestra M1 además de presentar un mayor porcentaje de desgaste, su contenido de agua, aparentemente alojada en microfracturas, pareciera ser el principal problema. En situaciones de alto contraste térmico, durante el proceso de producción, el agua pasaría rápidamente a la fase vapor incrementando el volumen y produciendo la falla dinámica del material. Clarke *et al.* (1998) indican que la presencia de volátiles puede ser responsable de la explosiva desintegración del material rocoso bajo condiciones de estrés térmico, cuando un bloque rocoso se pone en contacto con un magma, en nuestro caso, una mezcla asfáltica. Las evidencias de deformación intracristalina en minerales podrían ser otro factor concluyente que denote fragilidad o tendencia a la microfracturación de los agregados. En complemento, Wang *et al.* (1989), demuestran que el desajuste por expansión termal puede suceder entre minerales con diferentes coeficientes de expansión termal, lo que se traduce en el desarrollo de microfracturas a lo largo de los límites de grano,

favoreciendo a la desintegración de la roca. A este respecto, el grado de homogeneidad mineralógica de los agregados debería ser un factor a considerar.

Con respecto a la muestra M2, si bien la misma entrega menores valores de desgaste, contiene una importante fracción de carbonatos (mármoles) que no son del todo recomendados para su uso en carpetas de rodamiento (Norma VN - E67 – 75), principalmente por su baja dureza y su propiedad soluble facilita el desgaste superficial y confiere propiedades deslizantes a la calzada.

Desde el descubrimiento de la falencia de los ensayos físicos-mecánicos de agregados en 1969, la determinación de la calidad de los mismos ha sido crucial para el desarrollo de una obra de ingeniería. En este trabajo se demuestra no solo la importancia de los ensayos de desgaste y petrográficos, sino también, la importancia de un ensayo de falla por estrés térmico, así también como la determinación de contenido de humedad del material rocoso, con el fin de evitar la falla dinámica del material pétreo durante el proceso de construcción con el uso de mezclas en caliente.

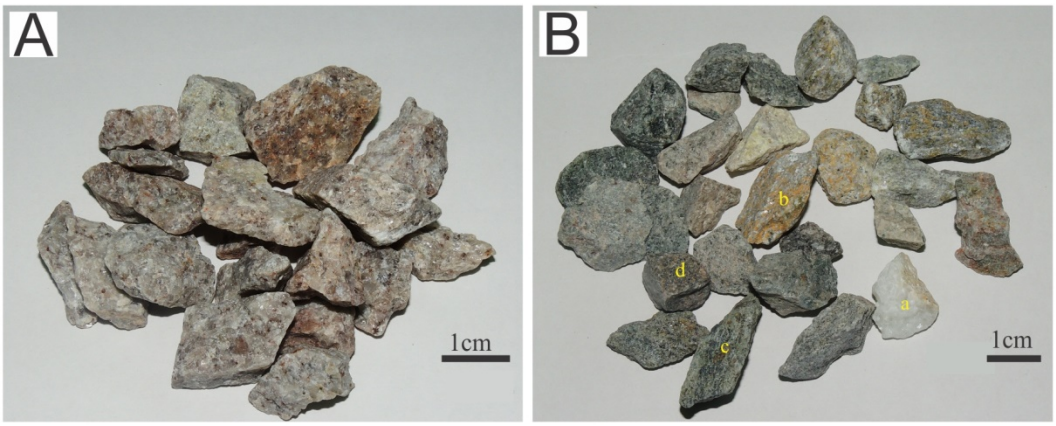


Figura 1. Fotografías de las muestras de pedregullo caracterizadas petrográficamente. A) Muestra M1 y B) muestra M2. Referencias: a: mármoles puros, b: mármoles impuros, c: gneises, d: granitoides.

Muestra	Pérdida por abrasión	Observaciones
M1a (recomendada)	25%	Se fractura con temperatura de asfalto a 220°C
M1b (recomendada)	59%	Se fractura con temperatura de asfalto a 220°C
M2b (no recomendada)	20%	
M2c (no recomendada)	25%	

Tabla 1. Valores de pérdida de abrasión. Ensayo de desgaste Los Ángeles

Los valores de desgaste fueron realizados por la empresa Control y Desarrollos de Hormigones SA., solicitados por Coingsa SA.

Referencias

CLARKE, D. B., HENRY, A. S., y WHITE, M. A., 1998. Exploding xenoliths and the absence of ‘elephants’ graveyards’ in granite batholiths. Journal of Structural Geology, Vol 20(9-10): 1325-1343.

FOOKES, P. G., GOURLEY, C. S., y OHIKERE, C., 1988. Rock weathering in engineering time. *Quarterly* Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Vol: 21(1), 33-57.

WANG, H. F., BONNER, B. P., CARLSON, S. R., KOWALLIS, B., y HEARD, H. C., 1989. Thermal stress cracking in granite. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol: 94(B2), 1745-1758.

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE "RAMPA VETA ESPERANZA SE - VETA ENCUENTRO", DISTRITO MINERO FARALLÓN NEGRO, CATAMARCA, ARGENTINA.

Miqueo Romina A., Mutti Diana I.
Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA)
romiqueo@hotmail.com

En el Distrito Minero Farallón Negro, actual productor de Au-Ag, se encuentra expuesto el macizo rocoso de composición monzonítica conocido como Alto de la Blenda (Llambías, 1970), junto a vetas y venas producto del relleno epitermal de sulfuración intermedia. En este macizo se encuentra la rampa subterránea motivo de este estudio que une las vetas Esperanza SE (VESE) y Encuentro (VEnc) entre las cotas de 2.517 m s.n.m. y 2.446 m s.n.m. respectivamente. La rampa se aloja en la monzonita alterada hidrotermalmente y se extiende unos 380 metros en la dirección N 50° E, con una inclinación – 12° en dirección SO (Figura 1).

En este trabajo se presenta una caracterización geomecánica y medidas de sostenimiento para el macizo rocoso expuesto a lo largo de 100 metros en la rampa citada, entre las progresivas de 250 y 350 metros, interior mina, sustentada sobre la base de datos de campo y laboratorio.

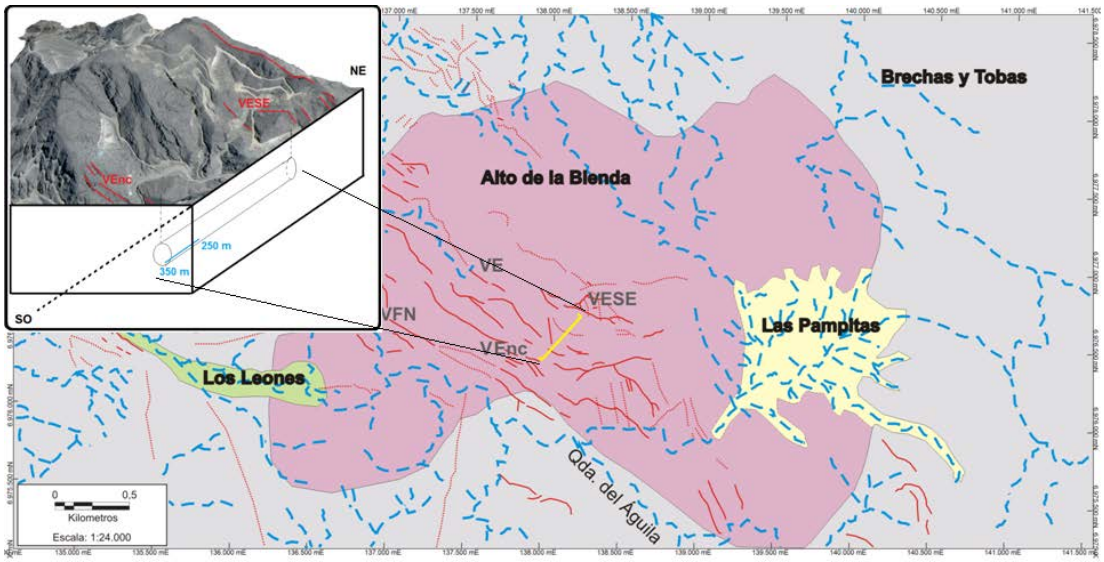


Figura 1: Localización en mapa geológico y ampliación en block diagrama de la ubicación de la rampa VESE – VEnc vista desde el SE, con indicación del sector de estudio de este trabajo. Áreas coloreadas: en gris: Brechas y Tobas; en rosa: monzonita Alto de la Blenda; en verde: riolita Los Leones; en amarillo: sedimentos cuaternarios del bajo de Las Pampitas. Trazo discontinuo en azul: red de drenaje efímera; trazo continuo en rojo: vetas observadas; trazo discontinuo en rojo: vetas inferidas; trazo continuo en amarillo: proyección en superficie de la rampa de estudio.

Los estudios consistieron en el análisis de la litología expuesta en base a la investigación petrográfica por microscopía de refracción, la determinación de los tipos de alteración que afectan a la roca a partir de su petrografía, precisiones mineralógicas por difractometría de rayos X desarrolladas en laboratorio del INTEMIN, y ensayos de densidad, porosidad, absorción de agua y de resistencia a la compresión uniaxial en muestras representativas de la monzonita para cuantificar su comportamiento mecánico, en el INTEMIN (sede Córdoba) siguiendo las normas IRAM 10602 Y ASTM C170.

La investigación también demandó el estudio de las discontinuidades, caracterizando intervalos de 10 metros. Involucró definir el número de familias y sus orientaciones, espaciado, continuidad, rugosidad, resistencia de las paredes, abertura, relleno y filtraciones. A partir de ello se precisaron además, tamaño de bloques y grado de fracturación del macizo en la rampa. Sobre la base de los datos obtenidos se estableció cada 10 metros o a intervalos menores según se requiriese, la clasificación del macizo de acuerdo con las tabulaciones geomecánicas de Barton *et al*., (1974) y Bieniawski (1973), Q y RMR, respectivamente.

Los resultados del estudio petrográfico indican que la roca monzonita fue afectada por propilitización, silicificación y piritización. En cuanto a los ensayos realizados para calificar las propiedades mecánicas de la roca se obtuvieron valores de densidad real de 1,94 g/cm^3, densidad aparente de 1,62 g/cm^3, porosidad de 0,17 %, absorción de agua del 10,40 % y un valor promedio de resistencia de 132,31 MPa con una desviación estándar de ± 17,80 %.

Del estudio de las discontinuidades se concluye que se manifiestan cinco familias dominantes (Figura 2), con un espaciado junto a moderadamente junto y una continuidad media. Predomina la rugosidad ondulada lisa y en cuanto a la resistencia de las paredes corresponde a una roca dura. Las aberturas son muy cerradas a cerradas y en lugares en donde se interceptan vetillas las discontinuidades poseen rellenos compuestos por cuarzo, carbonato, pirolusita, psilomelano y sulfuros diseminados. Las filtraciones son prácticamente nulas, con presencia de humedad en sitios específicos y participan bloques de tamaño pequeño y mediano.

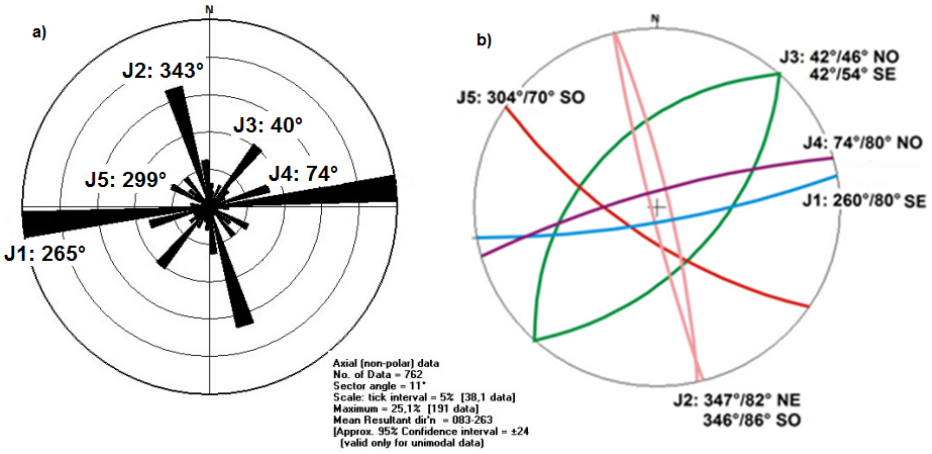


Figura 2: a) Diagrama de rosetas que ilustra las familias principales de diaclasas en la rampa de estudio; (b) diagrama de planos medios que muestran las 5 familias de discontinuidades interpretadas.

De la aplicación de las clasificaciones geomecánicas para macizos rocosos propuestas por Barton *et al*., (1974) y Bieniawski (1973) se concluye que la roca expone distintas calidades, desde extremadamente mala hasta buena (Tabla 1).

Progresivas (m)	Desde (m)	Hasta (m)	Q	Calidad (Q)	RMR= 15*log Q + 50	Calidad (RMR)
250-260	250	254,2	1,46	Mala	52,47	Media
	254,2	260	2,37	Mala	55,62	Media
260-270	260	270	2,27	Mala	55,33	Media
270-280	270	280	1,40	Mala	52,19	Media
280-290	280	290	6,31	Media	62,00	Buena
290-300	290	300	5,47	Media	61,07	Buena
300-310	300	310	4,82	Media	60,25	Media
310-320	310	320	11,61	Buena	65,97	Buena
320-330	320	330	0,07	Extr. Mala	32,68	Mala
330-340	330	333,74	0,07	Extr. Mala	32,45	Mala
	333,74	336,76	12,63	Buena	66,52	Buena
	336,76	340	0,27	Muy Mala	41,39	Media
340-350	340	350	4,10	Media	59,19	Media

Tabla 1: Resultados según Q (Barton *et al*., 1974) y RMR (Bieniawski, 2004).

Finalmente, dada la importancia del análisis de la estabilidad de los taludes en obras de ingeniería, se evaluó la información mediante estereogramas para determinar en cada sitio los tipos de roturas del material. Se identificaron las roturas de tipo planar, en cuña y vuelco de bloques. A partir de ello, se sugieren distintos tipos de sostenimiento para el macizo rocoso en aquellos lugares (hastiales y bóveda) considerados de riesgo por posibles desprendimientos de material.

Referencias

BARTON, N., LIEN, R. y LUNDE, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mech. 6(4), 189-239.

BIENIAWSKI, Z. T., 1973. "Engineering classifications of rock for the design of tunnel support". Rock Mech 6.4: 189-236.

BIENIAWSKI,, Z. T., 2004. “Aspectos clave en la elección del método constructivo de túneles”. Proc. Jornada Técnica, Madrid, Ingeopress, No. 126, pp. 50-68.

LLAMBÍAS, E. J., 1970. Geología de los Yacimientos Mineros Agua de Dionisio, Prov. De Catamarca, Rep. Argentina.: Revista de la Asociation Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología. 1: 2-32.

CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE LOS TALUDES DE LA AUTOVÍA LOS PUQUIOS, PROVINCIA DE SAN LUIS

Facundo M. Gómez y Daniel A. Sales

Departamento de Geología, universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
fakugomez2011@gmail.com, sales@unsl.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se analizan las condiciones geotécnicas de los principales taludes de precorte, situados en ambas márgenes de la autovía Los Puquios, localizada en el extremo sur de las sierra de San Luis (Figura 1a).

Los afloramientos están conformados por rocas metamórficas correspondientes a esquistos y metacuarcitas (Precámbrico – Paleozoico Inferior), granitoides (devónicas) y sedimentitas neógenas, representadas por areniscas rojizas y conglomerados grisáceos denominados Formación San Roque y Formación Cruz de Piedra, respectivamente.

Para la caracterización y clasificación geomecánica de los taludes del área de estudio (N=25), se seleccionaron seis taludes representativos y con condiciones inestables.

En los taludes desarrollados en el macizo granítico, presentan en general roturas planar, en cuña y vuelco (Figuras 1b y 1c), que posibilitan procesos de deslizamientos traslacionales planares y en cuña, así como también caída de bloques, que generalmente no superan el metro cúbico de volumen.

El grado de disgregación mecánica de los afloramientos en general es moderado, a excepción de los sectores que se encuentran afectados por zonas de cizalla frágil, en donde el mismo aumenta, generando continuos procesos de inestabilidad.

En las rocas metamórficas, predomina la rotura planar, que provocan deslizamientos traslacionales planares (Figura 1d). En aquellos taludes donde el afloramiento preserva una mayor proporción de esquistos respecto a las metacuarcitas, hay un incremento en el tamaño de los bloques inestables, pudiendo llegar hasta un máximo de $2m^3$ aproximadamente. Esto, es influenciado por fracturas con la misma orientación que las metamorfitas. La meteorización para este tipo de materiales es más intensa que para los anteriormente descriptos.

En los taludes de precorte desarrollados en rocas sedimentarias, solo se han documentado caída de bloques por erosión diferenciada de estratos, con bloques menores al $1m^3$, principalmente relacionados a la Fm. Cruz de Piedra.

Para el análisis cuantitativo de los parámetros geomecánicos del macizo, se utilizó la metodología sugerida por ISRM (1981), a partir de la cual, se clasifica la calidad del macizo rocoso según los índices: RMR (Bieniawski, 1979), SMR (Romana, 1997) y GSI (Hoek y Brown, 1997; Marinos y Hoek, 2001).

Los taludes seleccionados, predominan un índice RMR (corregido) e índice SMR, clase IV (calidad Mala) a clase V (calidad Muy Mala). En menor presencia, se clasifican como clase II y III (calidad Buena y Media, respectivamente) (Tabla 1).

Según el índice GSI, los valores se ubican entre 25 a 35, en donde predomina la estructura de Bloques Irregulares (BI), con una condición del frente Media (M) a Pobre (P) (Tabla 1).

REFERENCIAS

BIENIAWSKI, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications. 2º Int. Congress on Rock Mechanics, vol. II. Suiza.

HOEK, E. Y BROWN, E.T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Elsevier, Vol. 34, Nº 8: 1165-1186.

ISRM - INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 1981. Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. Ed. E.T. Brown. Pergamon Press.

MARINOS, P. Y HOEK, E., 2001. Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch. Bulletin of the Engineering Geology & the Environment (IAEG), 60, 85-92

ROMANA, M., 1997. El papel de las clasificaciones geomecánicas en el estudio de la estabilidad de taludes. IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Granada. Vol. 3º:955-1011.

Talud / Índice		Índice RMR		Índice SMR	Índice GSI
		s/ corrección	corregido		
T1 (Sedimentario)	Clasificación	-		-	35-44
	Clase				B/B
T2	Total	62	37	37	35-45
	Clasificación	**Buena**	**Mala**	**Mala**	BI/M
	Clase	**II**	**IV**	**IV**	
T3	Total	62	37	27	40-50
	Clasificación	**Buena**	**Mala**	**Mala**	BI/M
	Clase	**II**	**IV**	**IV**	
T4	Total	50	0	2	25-35
	Clasificación	**Media**	**Muy Mala**	**Muy Mala**	BC/P
	Clase	**III**	**V**	**V**	
T5	Total	54	4	4	25-35
	Clasificación	**Media**	**Muy Mala**	**Muy Mala**	BC/P
	Clase	**III**	**V**	**V**	
T6	Total	61	56	61	40-50
	Clasificación	**Buena**	**Media**	**Buena**	BI/M
	Clase	**II**	**III**	**II**	

Tabla 1: Clasificación Geomecánica de los taludes seleccionados según los índices RMR, SMR y GSI

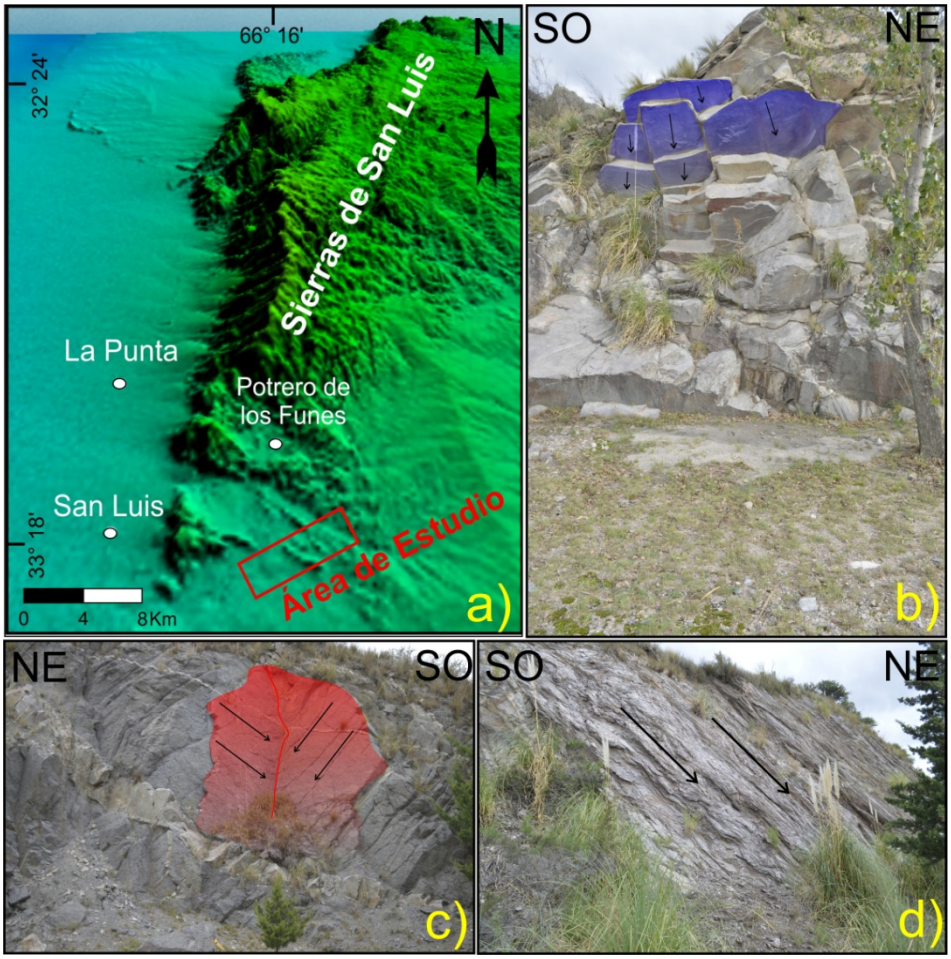


Figura 1: a) Mapa de ubicación del sector de estudio. **b)** Rotura por vuelco en granito (Talud T6). **c)** Rotura en cuña en granito (Talud T3). **d)** Rotura por falla planar en esquistos (Talud T5).

LAS CUENCAS DEL ARROYO SUYUQUE VIEJO Y PASO DE LA MUERTE: SU RELACIÓN CON EL RIESGO DE INUNDABILIDAD EN LA LOCALIDAD DE LA PUNTA, PROVINCIA DE SAN LUIS

María de los Ángeles Tobarez, Pedro Morla y Daniel A. Sales
Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700 San Luis.
angietobarez@gmail.com

La ciudad de La Punta se encuentra en cercanía del quiebre de pendiente en el sector piedemonte-ladera occidental de la sierra de San Luis, en su extremo sur. Esta localidad, distante a 20km al norte de la ciudad de San Luis, fue inaugurada en el año 2003 y desde entonces presenta un sostenido crecimiento poblacional, constituido principalmente por diferentes complejos de unidades habitacionales ejecutadas por el gobierno provincial.

El área de estudio, comprende los drenajes del arroyo Suyuque Viejo y Paso de la Muerte. Sus cauces colectores atraviesan en sentido Este a Oeste en el sector norte de la localidad (Figura 1). En el área de estudio, presenta una pendiente aproximada de 12º en la zona del faldeo de la sierra y de 2º promedio en el sector del piedemonte. Los cauces principales se ramifican en varios drenajes secundarios, que con el avance demográfico de la ciudad, muchos de ellos fueron interrumpidos por relleno, desvíos y canalizaciones, aumentando así el riesgo de inundación, a partir de las avenidas de aguas por lluvias torrenciales de corta duración.

A partir del sector donde se unen los principales cauces de ambas cuencas (Figura 2a), es el área crítica con mayor riesgo de inundación. Esto se debe, que ante una lluvia con recurrencia mayor a 100 años, generaría un desborde del cauce, generando áreas inundables cercanas al sector poblado, acompañados de procesos de carcavamiento en calles. En el sitio de cruce del cauce principal con la Av. Serrana, podría generarse el riesgo de desborde por falta de evacuación de las alcantarillas, que presenta al momento del estudio, menor capacidad que la construida, por la sedimentación y mala conservación de la misma (Figura 2a,b).

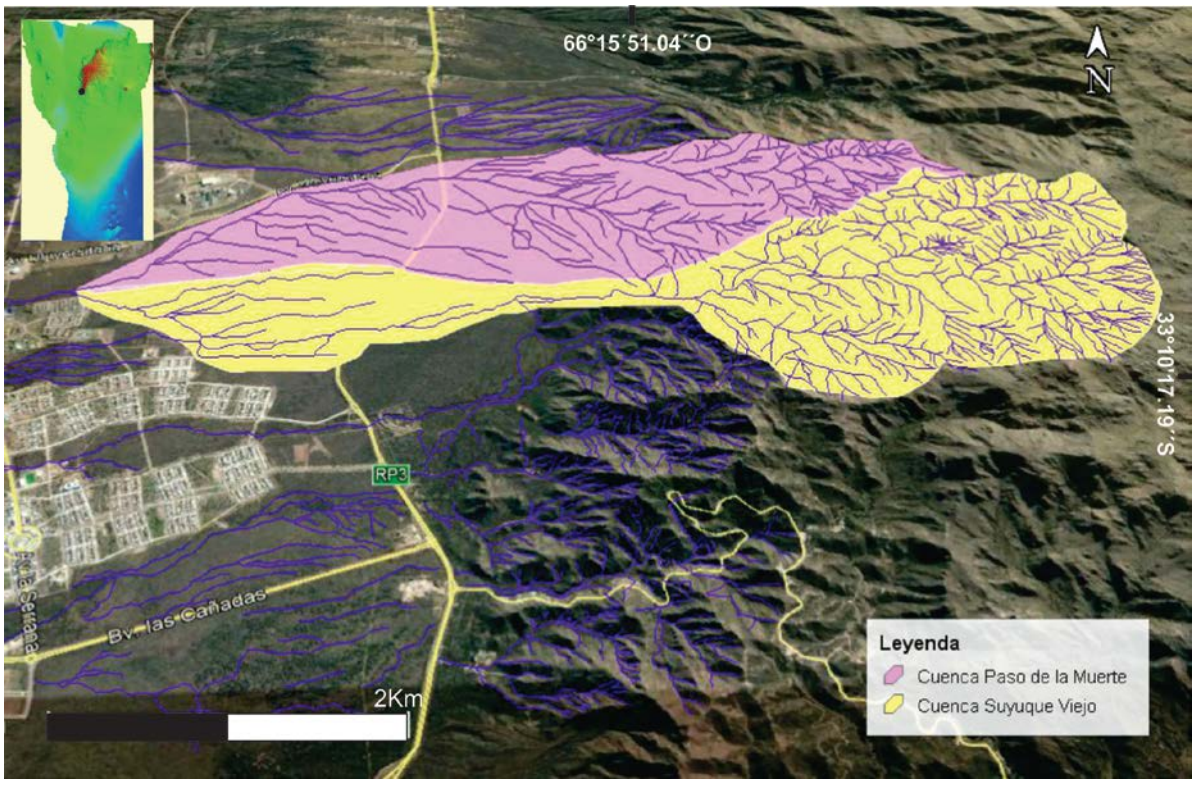


Figura 1: Ubicación de las cuencas del Aº Suyuque Viejo y Paso de la Muerte, en relación con la localidad de La Punta

Para determinar el riesgo de inundación de la zona adyacente al cauce, se realizó un análisis de las características morfométricas de las cuencas, a partir de un modelo digital del terreno e imágenes satelitales (Tabla 1). En la determinación de la lluvia de diseño, se usaron los datos pluviómetros de La Punta y San Luis, con una serie de datos de lluvias máximas diarias anuales de 10 y 31 años respectivamente. Para la obtención de datos de precipitación máxima, intensidad de precipitación y caudales máximos de crecida (zona de Av. Serrana), se utilizó la ley de distribución de Gumbel, por su adecuada capacidad de ajuste a valores máximos de caudales, precipitación en distintos períodos de tiempo, aportaciones anuales, etc. La finalidad de estos estudios es la determinación de la creciente de diseño, requerida para la planificación del dimensionamiento de obras de infraestructuras urbanísticas.

Se obtuvieron datos para períodos de retorno (Pr) de 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años, de: Precipitación máxima diaria (Pmax/d) , Intensidad de precipitación (Ipr), Tiempo de concentración (Tc), Intensidad de precipitación para tiempo de concentración (I_{Tc}), Umbral de Escorrentía (P_0), Coeficiente de Uniformidad (K), Factor de área (F), precipitación máxima diaria por factor de área (P_F), Umbral de escorrentía (P_0), Coeficiente de Escorrentía (C) y Caudales máximo de crecida "Q" (m^3/s).

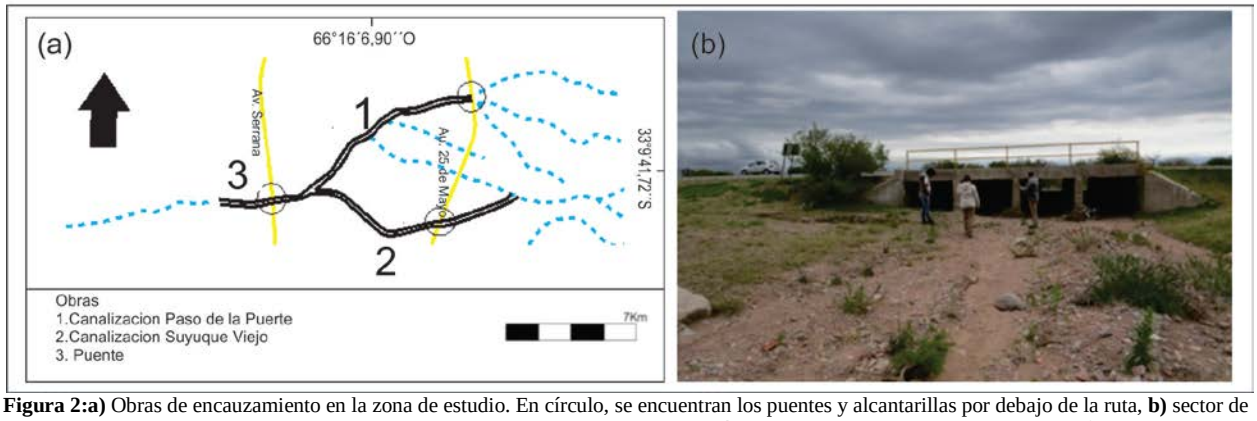


Figura 2:a) Obras de encauzamiento en la zona de estudio. En círculo, se encuentran los puentes y alcantarillas por debajo de la ruta, **b)** sector de alcantarillas debajo de la Av. Serrana, donde se observa la disminución de sus espacios hacia la izquierda de la foto

Del análisis de los datos hidrológicos del sector y de los resultados obtenidos, se concluye que para una recurrencia de 100 años, se estima un Q= 130,12 m^3/s, y para una recurrencia de 500 años se estima un Q= 175,51 m^3/s. Esto nos permite definir, que las zonas críticas presentarán desbordes.

	Cuenca Suyuque viejo	**Cuenca Paso de la Muerte**
Superficie	10,5km2	8,82 km2
Perímetro	30,4km.	18,2km.
Pendiente media (sector ladera)	13%	12%
Cota máxima	2012 msnm	1817 msnm
Cota mínima	816 msnm	816 msnm
Factor de forma	0.87	0,76
Coeficiente de compacidad de Gravelius	1,48 (ovalada)	1,35(ovalada)
Longitud del cauce principal	10,2 km.	8,82 km.
Pendiente media del cauce	11,7 %	10,2 %
Densidad de drenaje	2,68	2,89
IHA	0,17. Cuenca envejecida con cauces maduros	0,15. Cuenca envejecida

Tabla 1: Resultados de los parámetros morfométricos de las cuencas analizadas

GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN LA CUENCA DE LA FALDA ORIENTAL DEL ANCASTI, CATAMARCA

Luis Segura[1,2], Marta Saracho[2,3] , Patricia Lobo[2,4] y Mario Leguizamón[3]
[1]*Facultad de Humanidades. UNCa.*
[2] *Subsecretaría de Planificación de los Recursos Hídricos. MOP*
[3]*Facultad de Ciencia Exactas y Naturales. UNCa.*
[4]*Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. UNCa. Catamarca. Argentina*
adapatri@yahoo.com.ar; martasaracho@gmail.com; geosegura_luis@yahoo.com.ar

Conocer y evaluar el estado y dinámica del recurso hídrico con precisión, constituye el insumo básico de todo proceso de planeamiento y gestión (COHIFE, 2003). El agua subterránea es una importante fuente de abastecimiento para consumo humano pero en la mayoría de los casos presenta escasa aptitud debido fundamentalmente a elevadas concentraciones de sales disueltas, arsénico y fluoruro, lo que constituye un riesgo para la salud de las personas que la consumen. Desde hace algunos años se viene realizando el control de la calidad de agua subterránea sobre diferentes Cuencas Hidrográficas de la provincia de Catamarca. La cantidad de mediciones realizadas (arsénico, fluoruro, sulfato y conductividad) hacen necesario contar con un sistema que permita de una manera eficiente visualizar la información existente.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación "Determinación de zonas de riesgo por contaminantes naturales en agua de consumo, en localidades de las cuencas hidrográficas del Salar de Pipanaco y Falda Oriental del Ancasti, Catamarca." El objetivo del mismo es evaluar la situación del recurso hídrico en lo relativo a calidad, en la cuenca hidrográfica de la Falda Oriental del Ancasti: departamentos Santa Rosa y La Paz, Catamarca, a fin de seleccionar áreas críticas que orienten en la toma de decisiones para mejorar el acceso de la población al agua potable.

La región investigada está inserta en la provincia geológica de las Sierras Pampeana Orientales. Se reconocen tres grupos de terrenos: rocas del Basamento Cristalino con porosidad y permeabilidad secundaria por fracturación. Estas rocas se consideran no acuíferas constituyendo el basamento hidrogeológico de la cuenca de agua subterránea; rocas sedimentarias del Terciario (Mioceno) con reducida permeabilidad y con elevado contenido de yeso y otras sales que contribuyen a la mineralización y desmejoramiento de la calidad química del agua para diversos usos. El tercer grupo de terreno constituido por rocas y sedimentos del Terciario (Plioceno) y sedimentos del Cuaternario porosos y permeables, presentan las mejores condiciones hidráulicas para almacenar y conducir agua, constituyendo los principales acuíferos del área de estudio (INA-CRAS, 2014).

Se utilizaron técnicas normalizadas (APHA, AWWA, WEF; 2005) para determinar los valores de conductividad, concentración del ion mayoritario: Sulfato, y microcomponentes (Arsénico y Fluoruro). Como instrumento de gestión se utilizó el softwar ARGIS generando diferentes capas de información raster tales como: curvas de nivel topográfico, mapas de isopiezas, georreferenciación de las perforaciones utilizadas para consumo humano, conductividad, concentraciones de los iones fluoruro, arsénico y sulfato. Los niveles piezométricos fueron determinados mediante piezómetros lumínicos y sonoros de 0,5 cm de apreciación. Los valores medios de los parámetros analizados fueron evaluados en función de las Guías para Calidad del Agua Potable de la OMS (2006) y de los Estándares de Calidad de Agua Potable fijados por el CAA (2007). Fue monitoreada la calidad de 42 fuentes de agua subterránea destinada al consumo humano ubicadas en el área de estudio: 25 perforaciones del departamento La Paz y 17 captaciones subterráneas del departamento Santa Rosa.

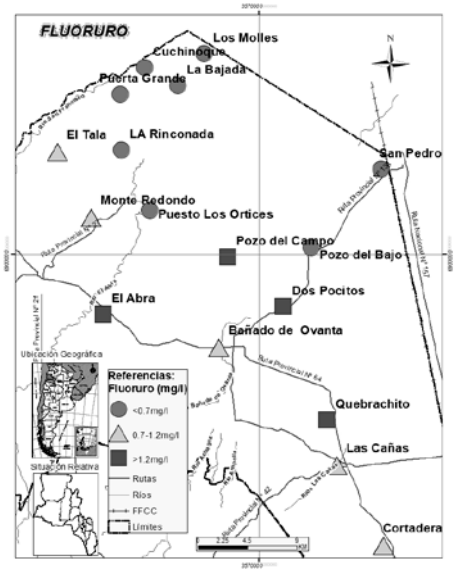


FIGURA 1: UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE LAS PERFORACIONES

FIGURA 2: UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE LAS PERFORACIONES

MONITOREADAS EN EL DEPARTAMENTO SANTA ROSA Y CONCENTRACIONES DEL IÓN FLUORURO DETECTADAS.

MONITOREADAS EN EL DEPARTAMENTO LA PAZ Y CONCENTRACIONES DE IÓN FLUORURO DETECTADAS.

Se muestran alguno de los mapas de calidad de agua generados con el S.I.G. En las Figuras 1 y 2 se visualizan la ubicación georeferenciada de las captaciones de agua subterránea utilizadas para consumo humano en los departamentos Santa Rosa y La Paz (área de estudio) y las concentraciones medias del ion fluoruroComo se observa en la Figura 1, las concentraciones de fluoruro en las muestras analizadas, correspondientes a cuatro perforaciones ubicadas en el sector centro-sur del departamento Santa Rosa, exceden el límite superior de 1,2 mg/l fijados por el CAA para una temperatura media anual de 19°C, mientras que el valor medio de este ión en 8 captaciones ubicadas en el área noreste es inferior al mínimo establecido por esta normativa para agua de consumo humano (0,7 mg/l) a la temperatura referenciada.

La Figura 2, correspondiente al departamento La Paz, muestra que en 6 de las 25 perforaciones estudiadas el valor medio del fluoruro exceden el límite superior fijados por el CAA, mientras que en 7 captaciones es inferior a la concentración mínima exigido por la normativa nacional.

En las Figuras 3 y 4 se observa la distribución espacial del ión arsénico en el agua de las perforaciones estudiadas, visualizando zonas estratificadas en cuatro rangos.

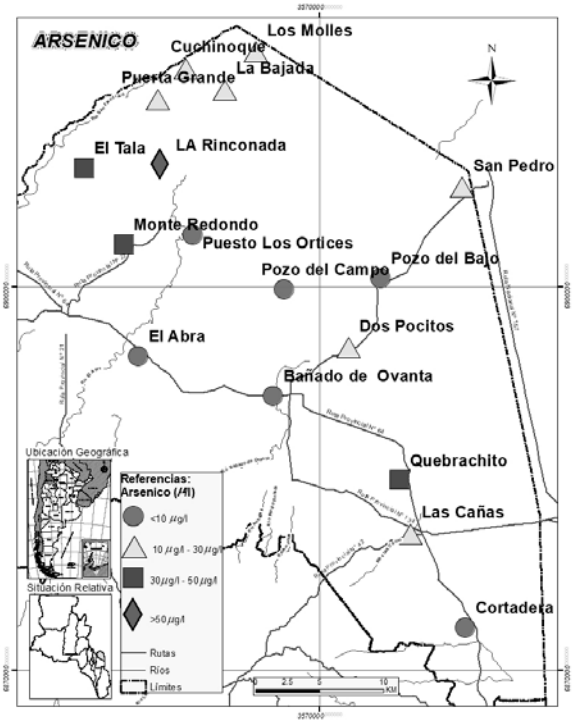


FIGURA 3: CONCENTRACIONES MEDIAS DEL IÓN ARSÉNICO EN LAS PERFORACIONES MONITOREADAS DEL DEPARTAMENTO SANTA ROSA.

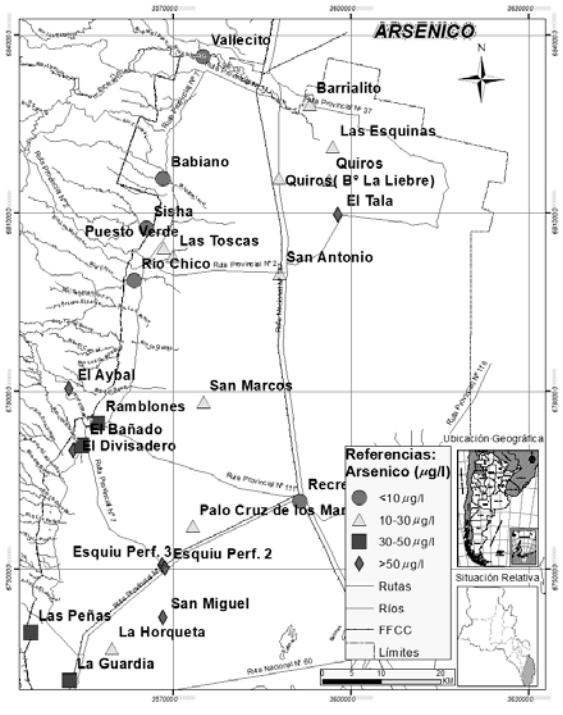


FIGURA 4: CONCENTRACIÓN MEDIA DEL IÓN ARSÉNICO EN LAS PERFORACIONES MONITOREADAS DEL DEPARTAMENTO LA PAZ.

Con respecto al valor medio del ion arsénico, del total de las perforaciones monitoreadas en el área de estudio, el 26,2 % se encuentran en el primer rango (< 10 µg/l); el 40,4% corresponden al segundo rango (10-30) µg/l, y el 16,7% pertenecen al rango de 30-50µg/l y mayor de 50µg/l. Analizando esta problemática solo en el departamento La Paz y como se visualiza en la Figura 4 obtenida con el SIG, en el 80% de las perforaciones estudiadas, la concentración del ion As, supera los 10µg/l, valor fijado por el CAA (2007) y cuya aplicación efectiva se encuentra prorrogada desde el año 2012 .

Mediante la aplicación del S.I.G. se obtuvieron áreas geográficas estratificadas en categorías de acuerdo a los estándares de calidad para consumo humano según las concentraciones de arsénico, fluoruro, sulfato y valores de conductividad. El agua de mayor mineralización y con concentraciones de arsénico que superan los límites aceptados para consumo humano corresponde a perforaciones ubicadas en el departamento La Paz. Los resultados obtenidos muestran la importancia de poder visualizar espacialmente la información relativa a la calidad de las fuentes de agua disponibles para consumo humano, articulada en un SIG. Esto permite la actualización permanente de la información y el respaldo técnico a los gestores hídricos en la toma de decisiones adecuadas respecto a la selección de áreas críticas para la aplicación de tecnologías de remediación. La implementación de un S.I.G. constituye una valiosa herramienta para la planificación y la gestión del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica estudiada.

REFERENCIAS

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO**.** 2007. Capítulo XII. Resolución N°68/2007 y N°196/2007. Modificación 2012 (Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012). Ministerio de Salud. Bs. As. Argentina.

COHIFE. 2003. Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina. Acuerdo Federal del Agua**.** Buenos Aires. Pp 19.

INA-CRAS (2014). Estudio Hidrogeológico de las Cuencas de Santa Rosa y del Aconquija. Convenio INA-Gobierno de la Provincia de Catamarca. Acuerdo Específico N° 01/12. Informe Técnico IT 329. San Juan

OMS .2006. *Guías para la Calidad de Agua Potable.* Primer Apéndice de la Tercera Edición. Volumen I. Recomendaciones. Ginebra. Suiza.

PROPUESTA DE FACTIBILIDAD HIDROGEOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN EMBALSE SOBRE EL RÍO CONLARA- SAN LUIS-ARGENTINA

Pedro N. Morla y Norberto U. Hauria
Departamento Geología, Universidad Nacional de San Luis – Ejercito de Los Andes 950 –San Luis (5700), Argentina.
pmorla@unsl.edu.ar; hauriau@gmail.com.

En este trabajo se recopiló información topográfica, hidrológica y geológica, correspondiente a la cuenca alta del río Conlara. Se utilizó como base topográfica las restituciones planialtimétricas de la provincia de San Luis, escala 1:20.000, con equidistancia de 20 m. Se delimitó la cuenca de aporte para un posible lugar de cierre (Figura 1). El lugar se ubica sobre el río Conlara, aproximadamente a 4,5 km al noroeste de la localidad de Paso Grande, según coordenadas Gauss-Kruger Y: 3.531.776 e X: 6.366.616, y a una cota de 980 m.s.n.m.

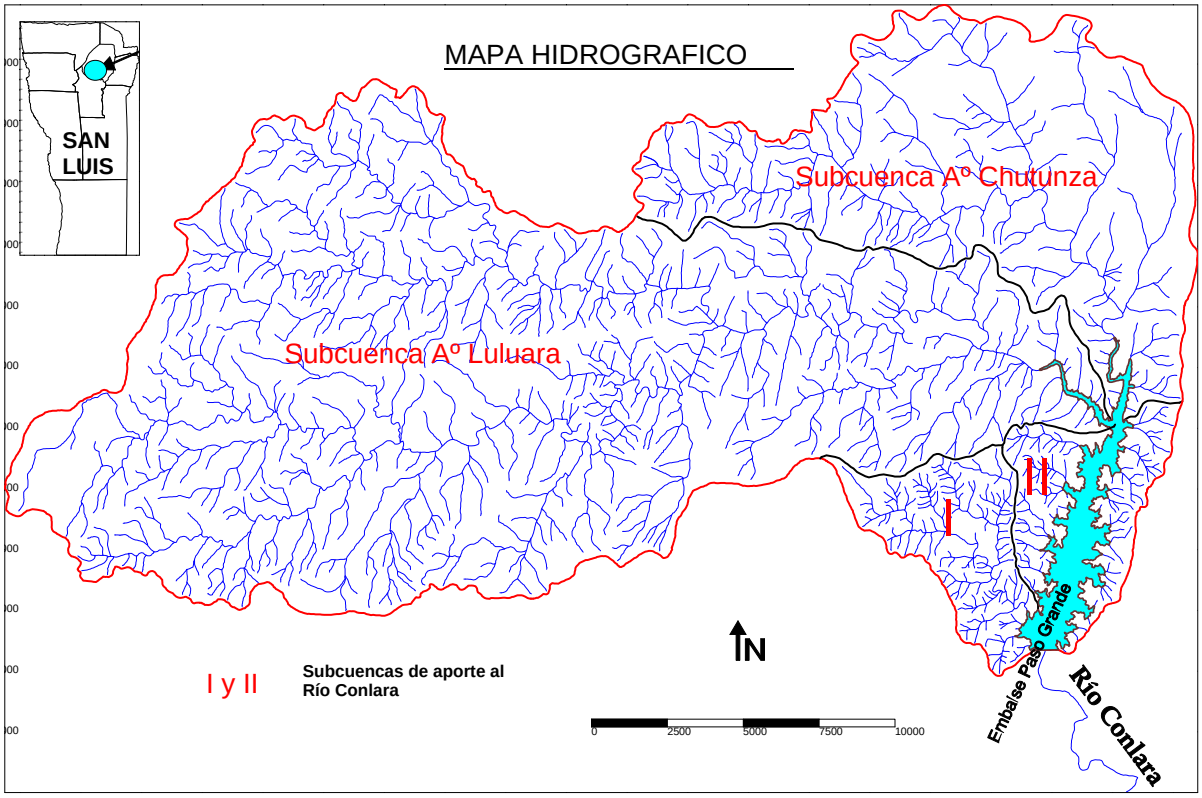


Figura 1

Generalidades

La cuenca del Río Conlara se encuentra ubicada en el sector noreste de la provincia de San Luis. La posición geográfica de la provincia determina que su clima sea esencialmente continental, con variaciones producidas por los accidentes topográficos; es así que la comarca central de la Sierra de San Luis posee veranos frescos e inviernos relativamente rigurosos. La temperatura media anual en la estación San Felipe es de 17,1 ºC, siendo la máxima temperatura media anual de 22,4 ºC y la mínima media anual de 12,4 ºC. En los meses de diciembre y enero se presentan las máximas temperaturas con valores que superan los 35 ºC y en junio-julio las mínimas cercanas a los 10 ºC bajo cero. Las lluvias son del tipo estival, teniendo lugar casi en su totalidad en el periodo octubre-marzo. Frecuentemente son torrenciales con valores de hasta 80 mm/día, habiéndose registrado máximas de 305 mm/día (marzo 2001) en la localidad de Carolina. El módulo pluviométrico anual para la cuenca de aporte, varía entre los 600 a los 700 mm; siendo la línea de tendencia la de aumento.

La geología del área, corresponde al basamento de la sierra de San Luis, con tres complejos metamórficos definidos por (Sims et al., 1997) como: Complejos Metamórficos Nogolí, Pringles y Conlara; compuesto principalmente por gneises, migmatitas, anfibolitas y esquistos. Los complejos metamórficos generalmente se encuentran separados por una asociación de metapsamitas cuarzosas y filitas de la Fm. San Luis (Prozzi y Ramos, 1988), que conforma dos cinturones metamórficos de menor grado. Los dominios metamórficos son invadidos por intrusivos ordovícicos y devónicos (Llambías et al., 1998; Sato et al., 2003; López de Luchi et al., 2007), cuyas composiciones varían de félsicas a máficas, incluso ultramáficas.

La red de drenaje (Figura 1) está integrada en la parte más occidental por pequeños arroyos que forman el río Luluara, que aguas abajo por la margen derecha, reciben varios arroyos que bajan de los cerros Piedra, Intihuasi, Pelado y Cerros Largos. A recibir por su margen izquierda al A° Chutunza, recibe el nombre de Río Conlara, el cual toma un rumbo casi norte-sur (sur 12ºW) hasta la proximidad de la localidad de Paso Grande (es en este sector según coordenadas Gauss-Kruger X: 3.531.776 e Y: 6.366.616, es donde se propone el cierre del embalse.

Los caudales medios para el río Conlara en las estaciones de aforos de A y E, extraído de (Estadística Hidrológica de la República Argentina, 2004) son: dentro del área de estudio, en la estación de aforo Estancia Muñoz de 2,13 m^3/seg (período 1954 a 1983), y el la estación San Felipe de 1,94 m^3/seg (período 1931 a 1982).

Para el trabajo se digitalizó la cuenca mediante la utilización de Google Earth, Global Mapper y Surfer, de donde se determinó: Superficie de la cuenca (535,6 Km^2), Perímetro de la cuenca (131,2 Km), Cota máxima (1705 msnm), Cota mínima (980 msnm), Longitud del cauce principal (69,5 Km), Ancho de la cuenca (Área/Long. del cauce: 7,70 Km), Coeficiente de Compacidad (1,59) que representa una cuenca de forma oval oblonga a rectangular.

En la determinación de la lluvia de diseño, se usaron los datos pluviómetros de Cerro Colorado, Vuelta del Río, San Rafael, La Vertiente, Paso Grande, Santa Isabel y Cerros Largos, con una serie de datos de lluvias máximas diarias anuales de 21 años no consecutivos (1970-1990). Para la obtención de datos de precipitación máxima, intensidad de precipitación y caudales de crecida se utilizó la ley de distribución de Gumbel, por su adecuada capacidad de ajuste a valores máximos de caudales, precipitación en distintos períodos de tiempo, aportaciones anuales, etc. La finalidad de estos estudios es la determinación de la creciente de diseño, requerida para la planificación del dimensionamiento de obras de infraestructuras. Se obtuvieron datos para períodos de retorno (Pr) de 5, 10, 25, 100, 500 ,1000 y 10000 años, de: Precipitación máxima diaria (Pmax/d) , Intensidad de precipitación (Ipr), Tiempo de concentración (Tc), Intensidad de precipitación para tiempo de concentración (I_{Tc}), Umbral de Escorrentía (P_0), Coeficiente de Uniformidad (K), Factor de área (F), precipitación máxima diaria por factor de área (P_F), Umbral de escorrentía (P_0), Coeficiente de Escorrentía (C) y Caudales máximo de crecida (Q). (Tabla 1).

Pr años	**Pmax/d** mm/d	**I_{pr}** mm/h	**T_c** (horas)	**K**	**F**	**P_F** mm	**I_d** mm/d	**I_{Tc}** mm/h	**P_o** mm	**C**	**Q** m^3/seg
5	89	44	17,95	1,73	0,82	72,6	3,7	4,4	27	0,30	**336**
10	98	51	17,95	1,73	0,82	80,0	4,1	4,9	27	0,33	**412**
25	109	60	17,95	1,73	0,82	89,3	4,5	5,5	27	0,36	**517**
100	118	74	17,95	1,73	0,82	103,0	5,7	6,4	27	0,41	**684**
500	145	90	17,95	1,73	0,82	118,8	6,1	7,5	27	0,46	**891**
1000	154	97	17,95	1,73	0,82	125,6	6,4	7,9	27	0,48	**985**
10000	181	119	17,95	1,73	0,82	148,2	7,5	9,4	27	0,54	**1310**

Tabla 1

Usando las hojas topográficas de escala 1:20000, con equidistancia entre curvas de nivel de 10 m, el espejo de agua del posible embalse a cota 1020 msnm, en coordenadas Gauss-Kruger Y: 3.531.776 e X: 6.366.616, sería de aproximadamente 1000 hectáreas, con una altura máxima del muro en la zona de cierre de aproximadamente 40 m (sobre lecho del río), lo que daría como capacidad máxima de almacenamiento 120 Hm^3 aproximadamente.

Consideraciones

El embalse propuesto dentro de la cuenca del Conlara se encuentra aguas arriba del Embalse San Felipe, por lo que considerando: 1-Que el volumen medio escurrido del río Conlara en la estación de aforo Estancia Muñoz (AyE, 2004) es de 67,3 Hm^3/año, y de 200 Hm^3/año para el caudal máximo anual. 2-Que la capacidad de almacenamiento del Embalse San Felipe es de 77 Hm^3 (13% mayor que el drenaje del caudal medio anual del río). 3-Que el régimen pluviométrico de la cuenca de aporte es en aumento, de acuerdo a la línea de tendencia de los hietogramas de los diferentes pluviómetros; la posibilidad de construcción permitiría: **a**- hacer un control de caudales de crecidas, **b**- tener la posibilidad de un mayor almacenamiento de agua, en los años que el caudal del río sea superior al de su módulo, **c**- Esto daría una mayor seguridad en la disponibilidad del agua, y permitir ampliar las zonas de provisión.

Referencias

ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (AyE), 2004. Dirigido por Hugo Pablo Amicarelli, EVARSA, Buenos Aires-Argentina

LLAMBIAS, E.J., SATO, A.M., ORTIZ SUARÉZ, A. y PROZZI, C., 1998. The granitoids of the Sierra de San Luis. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (Eds.): The Proto-Andean margin of Gondwana, Geological Society of London, Special Publication 142: 325-341.

LOPEZ DE LUCHI, M.G., SIEEGESMUND, S., WEMMER, K., STEENKEN, A. y NAUMANN, R., 2007. Geochemical constraints on the petrogenesis of the Paleozoic granitoids of the sierra de San Luis, Sierras Pampeanas, Argentina. Journal of South American Earth Sciences. 24:138166.

PROZZI, C. y RAMOS, R., 1988. La Formación San Luis. I Jornadas de Trabajo en las Sierras Pampeanas, Abstracts p.1, San Luis.

SATO, A., GONZALEZ, P.D. y LLAMBIAS, E., 2003. Evolución del orógeno Famatiniano en la Sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfísmo de bajo a alto grado. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Volumen 58, (4): 487-504.

SIMS, J.P., STUART-SMITH, P., LYONS, P. y SKIIRROW, R.G., 1997. "Report on 1:250.000 Scale Geological and metallogenic Maps Sierra de San Luis and Comechingones, Provinces of San Luis and Córdoba".

VALORACIÓN DE PARÁMETROS DE FORMA Y RED DE DRENAJE, DE UNA CUENCA AFLUENTE DEL RÍO COSQUÍN, CÓRDOBA. ARGENTINA.

Lilyán del Valle Mansilla[1,2]; César Alejandro Torielli[2] y Liliana Beatriz Regis[1, 2]

[1]*Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Cátedra de Geomorfología lmansilla@unc.edu.ar; lilianaregis@hotmail.com.*
[2]*Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Cátedra Ambiente Físico. ctoriell@unc.edu.ar*

El análisis de la forma y estructura de las cuencas de avenamiento y sus redes se realiza a partir de sus parámetros morfométricos, la aplicación de técnicas cuantitativas para estudiar la morfometría de cuencas se realizó inicialmente por Horton, 1932 y 1945, Miller, 1953, Schumn, 1956, Strahaler 1964, el índice de compacidad fue analizado por Gravelius, 1914, las fórmulas están desarrolladas en Vich, 1996, y son aplicadas por numerosos autores, no sólo en Argentina (Tognelli, *et al*, 2017), sino en todo el mundo, González de Matauco, 2004, en España; Biswas, Das Majumdar, y Banerjee, 2014, en India, entre otros. Dicho análisis, brinda la posibilidad de obtener información de base para cuantificar el riesgo, planificar su mitigación y evitar impactos negativos originados por inundaciones.

El presente trabajo se desarrolla en las estribaciones orientales de las Sierras Grandes, entre las coordenadas 31º15'00"-31º 12'03" de latitud Sur y 64º31'00"-64º28'00" de longitud Oeste. El área, está constituida por un basamento metamórfico-plutónico de probable edad precámbrica superior a eopaleozoica (Lencinas, 1971), sobre el cual se han depositado materiales cuaternarios en zonas de valles. El paisaje pertenece a la Provincia Geomorfológica de las Sierras Pampeanas, Subregión del Cordón Oriental de las Sierras Grandes. El diseño de avenamiento es dendrítico-angular. El análisis morfométrico de la cuenca seleccionada, está integrada por tres subcuencas, afluentes del río Cosquín, Departamento Punilla, Pedanía Rosario, Provincia de Córdoba Argentina (Figura 1).

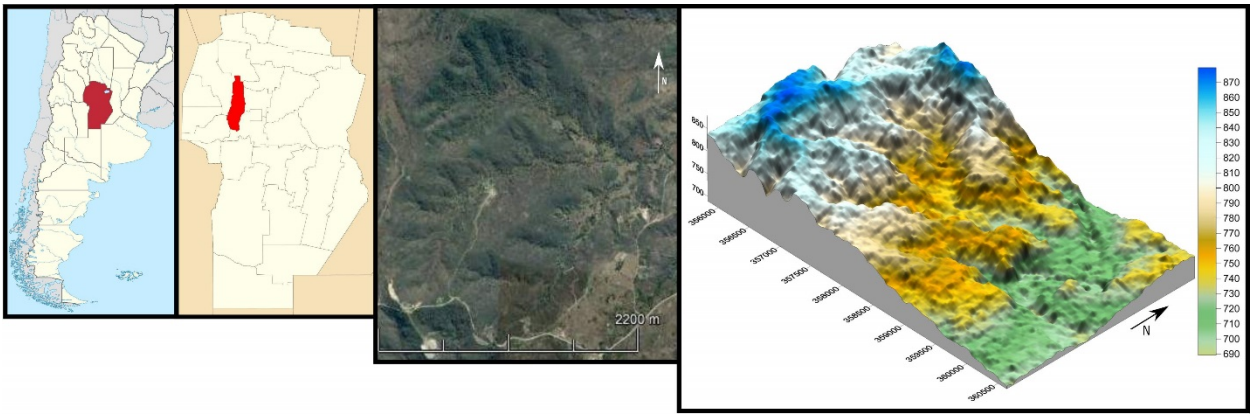


Figura 1: Ubicación y Bloque Diagrama del área de trabajo.

El área de la cuenca hidrográfica en estudio es de 4,1 Km^2, su altura máxima es de 875 m s.n.m. en el extremo occidental, y la menor altura del área de trabajo es 735 m s.n.m. en el área oriental (Figura 2). Las cuencas hidrográficas son una fuente importante de suministro y distribución de agua y sedimentos, su dinámica en períodos de elevadas precipitaciones, responde a controles tectonomórficos. Es fundamental para prevenir y contrarrestar inundaciones, mantener el área de las subcuencas vegetada, ello contribuye a conservarlas, la vegetación natural otorga el beneficio de disminuir la erosividad por precipitación pluvial, elevar la infiltración y evapotranspiración. El follaje en el suelo absorbe energía de la escorrentía y reduce la erosión. El valor del factor de Erosividad por Precipitación Pluvial R, en el sector es elevado (R= 400) calculado con la metodología de Arnoldus, adaptación de la fórmula de Wischmeier (Mansilla, *et al*, 1994).

El clima de Cosquín según Köppen y Geiger corresponde a Cfa, templado y cálido (mesotérmico), las precipitaciones medias anuales de 673mm (http//es.climate-data.org/location/19859). La temperatura media en enero es 24°C y en julio es de 10°C, la amplitud térmica anual es de 14°C. El suelo del sector pertenece a EPli-13 con índice de productividad 12, Clase de Uso VII, Ustorthent lítico, suelo de laderas escarpadas, excesivamente drenado, somero, franco en superficie y subsuelo, moderadamente provisto de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio, fuertemente ondulado, extremadamente pedregoso, alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Limitantes: muy baja capacidad de retención de humedad, escaso espesor, fuerte pendiente, elevada pedregosidad/rocosidad, esto implica que sea impracticable la utilización de maquinaria agrícola, ligera susceptibilidad a la erosión eólica y alta susceptibilidad a la erosión hídrica; en los valles fluviales se desarrollan Haplustol fluvéntico, (Jarsún, *et al* 2003-2006).

Los parámetros morfométricos analizados (Tabla 1) permiten obtener información de los atributos geomorfológicos de la subcuenca en estudio. Se calculó el Factor de Forma (F_f =0,62) (Horton, 1945), éste indica que corresponde a una cuenca ensanchada, circular. Se utiliza como alternativa al índice de Gravelius, el resultado obtenido (K_c=1,28) corresponde a una cuenca oval redonda, el Índice de Forma (I_f =1,63) (Strahler, 1964), Factor unitario de forma (F_u=1,27) (de Shuh Shiaw Lo, 1992 en Vich, 1995). La relación de Elongación (E=0.88) cuyo resultado, próximo a la unidad indica que la morfología se aproxima a un círculo, en área de relieve acentuado (Schumm, 1956, *op cit.* Vich, 1996). La densidad de drenaje cuantifica el grado de desarrollo de la cuenca hidrográfica, se calcula como la relación entre la sumatoria de las longitudes de todos los cauces de la cuenca y la superficie de la misma, su resultado es un valor medio. La rugosidad de la cuenca (Rd), vincula la densidad de drenaje con el relieve. Cuencas muy disectadas con bajo relieve presentan valores de rugosidad similares a cuencas moderadamente disectadas y con alto relieve. El índice de Circularidad de Miller varía entre 0 y 1, en esta cuenca, el valor calculado indica morfología levemente elongada (Cc= 0,6), (Miller, 1953 *op cit*, Vich 1996), en concordancia con los parámetros calculados *ut supra*.

Parámetro	F_f	I_f	F_u	K_c	Dd	I_{Melton}	E	CM	CO	Rd	C_{Miller}
Ecuación	$A/(L_2)^2$	$(L_2)^2/A$	$L_2/\sqrt{A}$	$0{,}28.P/\sqrt{A}$	$\sum L_t/A$	$h_{máx}.h_{mín}/\sqrt{A}$	$1{,}128.\sqrt{A}/L_2$	H_m/A	H_m^2/A	$Dd(h_{máx}.h_{mín})$	$4\pi A/P^2$
Resultado	0,62	1,63	1,27	1,28	8,86	0,070	0,88	$2{,}08x10^{-4}$	0,1698	0,016	0.60

Tabla 1: Parámetros obtenidos. F_f: Factor de forma, I_f: Índice de forma, F_u: Factor de forma unitario, K_c: Coeficiente de compacidad, Dd: Densidad de drenaje, I_{Melton}: Índice de Melton, E: Relación de elongación, CM: Coeficiente de Masividad, CO: Coeficiente Orográfico, Rd: Rugosidad de la cuenca, L_2: Distancia, entre el punto de cierre de la cuenca y el punto más alejado de su perímetro, medido en línea recta, A: Área, $h_{máx}$: Altura máxima, $h_{mín}$: Altura mínima, H_m: Altura media.

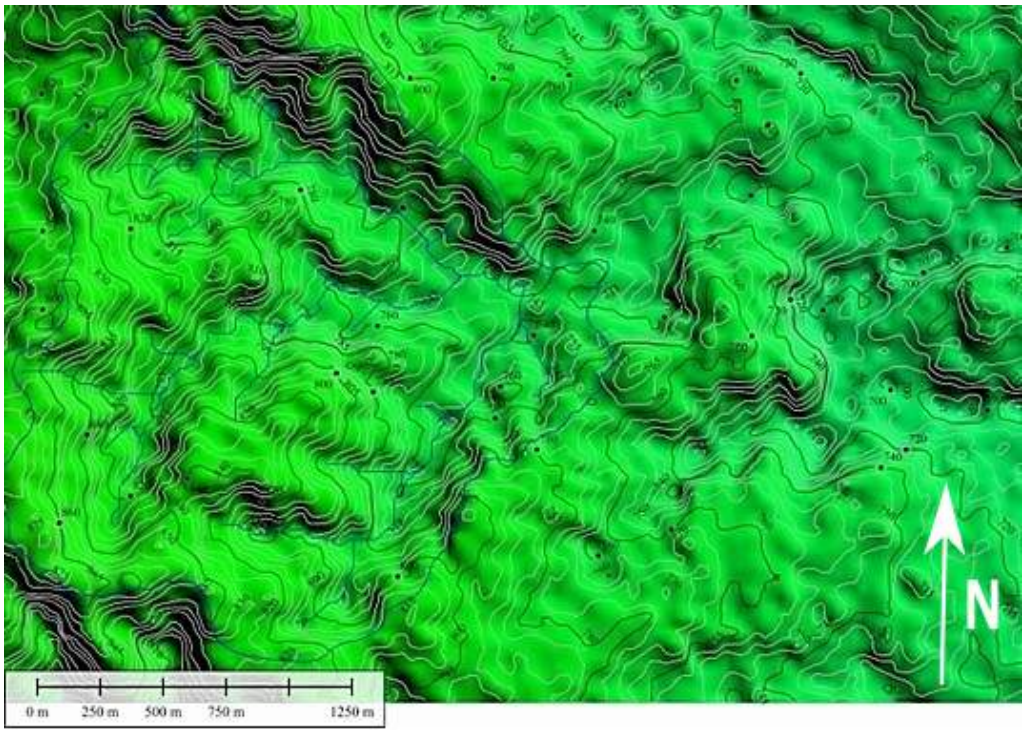


Figura 2: Mapa de relieve con límite de la cuenca

Referencias

Biswas A., Das Majumdar, D. y S. Banerjee, 2014. *Morphometry Governs the Dynamics of a Drainage Basin: Analysis and Implications*. 64pp. University of Calcutta. Bengal, India.

Horton, R, 1945. *Erosional developenment of streams and their drainage basins: hydrophysicalapproach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America.* V.56: 275-370. USA.

Jarsún, B., Gorgas, J., Zamora, E., Bosnero, E., Lovera, E., Ravelo A., y L. Tassile, 2003-2006. Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Agencia Córdoba D.A.C.yT.S.E.M. INTA. Córdoba, Argentina.

Lencinas, A., 1971. Geología del Valle de Punilla entre Bialet Massé y La Cumbre, Provincia de Córdoba. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba, Tomo I (2), 61-70. Córdoba, Argentina.

Mansilla, L. y C. Granero, 1994. Determinación de Áreas de Isoerosividad por Precipitación Pluvial en Córdoba, Argentina. Congreso Geológico Chileno. V I: 643-648. Concepción, Chile.

Strahler, A., 1964. *Quantitative Geomorphology of drainage basins and channel networks, Section 4-II of Handbook of Applied Hydrology. Mc-Hill Book.* New York, USA.

Tognelli, G., Morosini, A., López, F, y E. Vega, 2002. Evaluación preliminar de la inundación (crecida) repentina del 13 de abril de 2001 en la localidad de El Trapiche. San Luis, Argentina. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. N° 18: 130-139. Buenos Aires. Argentina.

Vich, A., 1996. Aguas Continentales. Formas y procesos. Universidad Nacional de Cuyo. Conicet. p333. Argentina. http//es.*climate-data.org/location/19859*.

MOVILIDAD DE SALES POR ASCENSO CAPILAR A PARTIR DEL ACUÍFERO FREATICO EN EL SECTOR SUDOESTE DE LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA

Claudio Lexow[* 1,2]; Leonardo Scherger[1,2]; Guillermo Pera Vallejos[1] y Emiliano Bauer[1]

[1]Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (CGAMA). Comisión de Investigaciones Científicas
[2]Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Juan 670, B8000ICN, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina
**lexow@uns.edu.ar*

Introducción

El sector sudoeste de la Ciudad de Bahía Blanca se caracteriza por la presencia de suelos de texturas finas y de un nivel freático somero, condiciones que determinan el predominio de movimientos verticales y la transferencia del agua por ascenso capilar a través de la zona no saturada (ZNS), propiciando la concentración de sales por evapotranspiración. En diversos sectores se han detectado problemas (grietas y fisuras) en los pavimentos y estructuras de hormigón que relacionadas a las condiciones del subsuelo que conforma el área podrían estar vinculadas a este proceso. El objetivo de este trabajo es determinar los principales mecanismos de movilidad y acumulación de sales en un terreno limo arcilloso desde el acuífero freático hipersalino somero. Las simulaciones numéricas mediante la aplicación del programa HYDRUS 2D/3D (Simunek *et al.*, 2006) permitirán evaluar la magnitud del aporte de sales al suelo y verificar la situación actual, mediante datos recabados en campo.

Metodología

Los datos experimentales fueron recolectados en el sector sudoeste de la Ciudad de Bahía Blanca. En este sector se ubican el parque industrial, el puerto de Bahía Blanca, algunos asentamientos informales y vías de comunicación. Los suelos presentan textura limo-arcillosa con escasa cobertura vegetal, en general de tipo halófita. Las precipitaciones promedio para el periodo 2011- 2017 fueron de 507 mm/año, registrándose las mayores acumulaciones durante los meses de verano y primavera. En campo se relevó la profundidad del nivel freático y se tomaron muestras de suelo y agua subterránea para su posterior caracterización físico-química en laboratorio.

En gabinete se realizaron simulaciones con el software Hydrus 2D/3D (Simunek *et al.*, 2006), a partir de datos antecedentes correspondientes al periodo 2011 – 2017. El código HYDRUS resuelve las ecuaciones de Richards para el flujo no saturado - saturado y de advección - dispersión para el transporte de solutos, para una sección definida bajo condiciones de borde e iniciales definidas por el usuario. El modelo fue calibrado siendo capaz de representar al final de la simulación la situación actual de campo. En el software se consideró una sección de 120 cm de alto y 100 cm de ancho compuesta por un material limo arcilloso, cuyos parámetros hidráulicos fueron estimados según la función de pseudotransferencia Roseta Lite V1.1 (Shaap *et al*. 2001). El límite superior de la sección se consideró influenciado por las variables atmosféricas, en función del tiempo, donde se introdujeron las precipitaciones y la evapotranspiración potencial de referencia para el área, según la fórmula de Penman-Moneith modificada (FAO N° 56,1998). Los bordes laterales se consideraron como nodos con ausencia de flujo y el borde inferior representó la posición del nivel freático bajo condiciones estáticas, introduciendo un potencial de presión constante h=0 cm. La concentración salina del agua subterránea (TSD) se calculó a partir de la relación con la conductividad eléctrica (CE):

$$TSD\ \left(\frac{mg}{L}\right) = CE * 0{,}64$$

la cual se obtuvo a partir del modelo matemático de estimación lineal para todas las muestras relevadas.La concentración de sales en el agua de lluvia se tomó como un valor constante de 64 mg/L (Carrica, 1998). Las sales se simularon como solutos no reactivos, siendo despreciables los procesos de adsorción, disolución, intercambio catiónico, etc.

Resultados

Los resultados adquiridos permiten representar la situación actual de campo, siendo el ajuste logrado aceptable en los niveles profundos del suelo con un valor de RMSE (raíz del error cuadrático medio) de 0,85 g/L, simulándose correctamente la transferencia de sales al sistema no saturado por ascenso capilar desde el acuífero hipersalino. Se estima un espesor de franja capilar de hasta 95 cm, valores similares a los expresados por Lexow *et al*. (2017); quienes exponen que la misma se moviliza masivamente con las fluctuaciones del nivel freático. La dinámica salina para esta zona del sistema no saturado, se representa por los nodos de 60 cm y 90 cm de profundidad (Fig.1). Los nodos se encuentran controlados por la posición del nivel freático, con escasa o nula

influencia de las variables atmosféricas. Las concentraciones en la franja capilar varían entre 3500 y 8000 mg/L, según la época del año, consistentes en periodos secos o húmedos. Las grandes lluvias aportan agua de baja salinidad al suelo, promoviéndose los procesos de lavado y dilución.

Los nodos de 15 cm y 30 cm por su parte, reflejan la movilidad de las sales en los niveles superficiales del suelo, condicionadas por las variables atmosféricas reinantes en superficie. Para el periodo 2011 – 2017 pueden reconocerse diversos episodios de stress hídrico, donde el potencial evapotranspiratorio supera al aporte de humedad, generándose flujos de transferencia vertical ascendentes. Durante estos períodos la acumulación de sales por evapotranspiración en los niveles superficiales del suelo, resulta en concentraciones muy superiores a las registradas en el acuífero freático. Estos episodios representan un potencial peligro para las estructuras y construcciones de hormigón, dada la alteración de las sales solubles sobre los agregados pétreos (Pérez Marfil *et al*., 2017). Los efectos pueden verse magnificados especialmente durante periodos de escasa precipitación y altas temperaturas.

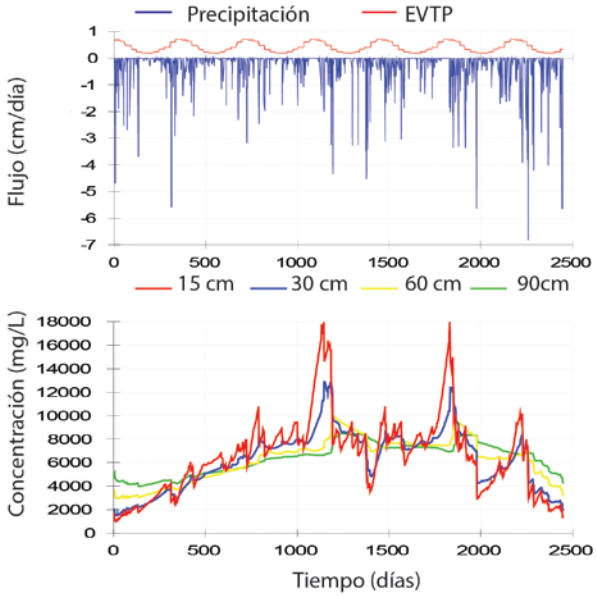


Figura 1: Simulación de la dinámica salina en el perfil del ZNS. En el cuadro superior se observan los flujos atmosféricos para el periodo de simulación.

Conclusiones

Los suelos del sector sudoeste de la Ciudad de Bahía Blanca presentan problemas de salinidad asociados a la transferencia de solutos desde el acuífero hipersalino. El ascenso capilar es puesto en marcha por el proceso de evapotranspiración y favorecido por la textura fina de los sedimentos que componen la ZNS. Las simulaciones en el software Hydrus 2D/3D permiten evidenciar la dinámica salina, lográndose distinguir la influencia de la franja capilar y de las condiciones atmosféricas sobre las concentraciones de sales en el perfil de suelo.

Referencias

CARRICA, J., 1998. Hidrogeología de la Cuenca del Arroyo Napostá Grande, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur. Biblioteca Central, 215pp y anexos. Inédito.

FAO, 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage: paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1998

LEXOW, C., PERA VALLEJOS, G. yBAUER, E., 2017. Comportamiento de la franja capilar en el sector oeste de la Ciudad de Bahía Blanca. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán. Sección Técnica 15, pág.: 65-66.

PEREZ MARFIL, P., BAUER, E., LESCANO, L., PERA VALLEJOS, G., PRIANO, C., BEREZOSKY, J.J., LEXOW, C. y MARFIL. S., 2017. Causas del deterioro prematuro de pavimentos de hormigón de la Ciudad de Bahía Blanca y rutas de acceso, su relación con la franja capilar. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico de la Provincia de Buenos Aires, Ciudad de Quilmes. E-book, Actas: 12 pp.

SCHAAP, M. G., LEIJ, F.J. y VAN GENUCHTEN, M. TH., 2001. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology, 251, 163-176, 2001.

SIMUNEK, J., SEJNA M., y VAN GENUCHTEN M. TH., 2006.The HYDRUS (2D/3D) software package for simulating the two- and three-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably saturated media.Version 1.0.PC Progress, Prague, Czech Republic.

LA LAGUNA LA PICASA Y SU INFLUENCIA SOBRE LA RUTA NACIONAL Nº 7, PROVINCIAS DE SANTA FE Y BUENOS AIRES.

Aldo D. Giaccardi
Universidad Nacional de San Luis- Dpto. de Geología
giaccardialdo@gmail.com

La laguna La Picasa ocupa una depresión cuyas expresiones morfológicas más importantes son la propia depresión y el cuerpo medanoso que la limita por el Este, que se eleva sobre el terreno circundante un promedio de 8 m (Figura 1). La depresión es el receptáculo de las aguas generadas por las precipitaciones y la escorrentía superficial asociada a ellas de la zona circundante. La superficie de influencia no es la que se ha estimado en publicaciones anteriores (FICH, 1999) que se estimó en 500.000 has., llegando hasta la provincia de Córdoba, en la cual se han considerado los aportes antrópicos (canales) y no naturales. En realidad, la laguna La Picasa es una de las tantas pequeñas cuencas endorreicas locales de este sector de la llanura pampeana, donde cada una de ellas es receptáculo de las aguas precipitadas en un área de influencia local, no demasiado amplia. Estas lagunas, en muchos casos y según las épocas, se comportan como freáticas ya que esa superficie se acerca de tal manera a la superficie topográfica que la corta o intercepta permitiendo el afloramiento de las aguas subterráneas en los bajos o depresiones. En algunos casos estos bajos o depresiones coinciden con interdunas o cubetas de deflación.

La laguna La Picasa, varia su superficie de acuerdo a las precipitaciones, pero también lo hace a través del aporte del acuífero libre en las épocas en que el nivel freático asciende por efecto de la infiltración de los excesos hídricos. Este proceso queda claramente expresado en la superficie inundada, ya que la misma ha alcanzado su máxima expresión dos a tres años después de un evento pluviométrico extraordinario como El Niño 1997-1998 (Figura 1). Por lo tanto, la Laguna La Picasa, no sólo aumenta su volumen de agua almacenada en las épocas lluviosas sino que también lo hace posterior a ellas con aporte subterráneo. En el caso mencionado, el incremento fue sustancial en la superficie de la laguna ya que en el año 1999 poseía una superficie aproximada de 268,09 km^2, y la mayor superficie alcanzada por el cuerpo de agua sucedió en el año 2002-2003 (Figura 1) cubriendo aproximadamente 335,26 km^2, que se asociaría al aporte del acuífero libre.

El crecimiento y reducción de la superficie y volumen de agua almacenada en la laguna, provoca la intermitente interrupción al tránsito en la ruta nacional Nº 7. Este proceso vinculado a las fluctuaciones en el volumen de aguas almacenada, no es propio de esta época, sino que parece seguir un diagrama cíclico u oscilatorio cuya periodicidad se desconoce. Según se desprende de la expresión geomorfológica de la depresión, la superficie lagunar podría llegar a ocupar una mayor extensión, que hasta podría duplicar a la mencionada anteriormente. La cota normal de la laguna se ubica entre los 98 y 99.5 msnm y su mayor expresión topográfica de la depresión se ubica en 105 msnm (tomando cartas topográficas IGN 1958) y 110 a 115 msnm tomando cotas del DEM de la zona (SRTM_24_19) (Figura 1).

El incremento del volumen de agua almacenada no sólo afecta a la ruta nacional Nº 7 sino también a las vías férreas del Ferrocarril BAP (Buenos Aires al Pacífico). Estas últimas se encuentran sobreelevadas (101 msnm, IGN 1958) con respecto al terreno circundante y no están construidas sobre la superficie topográfica, pero si lo hace siguiendo esa superficie la ruta nacional Nº 7. Es decir, un ferrocarril construido en el año 1886 tuvo en cuenta la presencia de la geomorfología deprimida que ocupa la laguna y su potencial área de inundación, pero no fue así en la construcción de la ruta internacional (años 1968/69), 80 años después, parece ser que nadie consideró que significaba ese tramo sobreelevado del ferrocarril en ese sector. Las consecuencias son de público conocimiento, la laguna impidió el tránsito por la ruta nacional y también del ferrocarril entre el año 1999 y el 10 de junio de 2007 y el ferrocarril volvió a circular el 20 de noviembre de 2008. El alteo de la ruta, comenzado en el año 2006, la ubicó a 6 m por encima del pelo de agua en condiciones normales y esa obra fue premiada en el año 2007 como la "Obra de Ingeniería Vial 2007", por la Asociación Argentina de Carreteras. El 6 de marzo de 2017 volvió a prohibirse su tránsito hasta la fecha.

Dentro del análisis temporal de este cuerpo de agua se instala el interrogante de: ¿las fluctuaciones en el área inundada de esta laguna son sólo naturales o tienen otras causas? . A partir de un análisis pormenorizado de imágenes satelitales se obtiene como resultado que las causas naturales son las que poseen la mayor incidencia en el aumento y la disminución de la superficie anegada. No existen evidencias concretas acerca de procesos antropogénicos, como la implementación de la siembra directa, que incidan sobre el volumen almacenado, porque ya fluctuaba antes de su imposición como instrumento de labranza (1970-1980). La influencia antrópica se ve reflejada después de que confluyeran una serie de canales clandestinos y autorizados hacia el cuerpo de agua, que no es un proceso en sí, sino que por el contrario es la utilización de la depresión ocupada por la laguna como receptáculo de las aguas provenientes de otros sitios.

Otro aspecto a tener en cuenta en el incremento de la superficie inundada es el proceso natural de depositación de sedimentos palustres que se origina en estos cuerpos de agua y que mayoritariamente están compuestos por abundante materia orgánica y sedimentos limoarcillosos, los cuales con el transcurso del tiempo van generando capas que pueden poseer centímetros a metros de espesor, según el aporte sedimentario hacia la laguna proveniente de material en suspensión en el aire, movilidad eólica y erosión de márgenes. Estos depósitos van

generando un proceso de colmatación que reduce la profundidad del cuenco receptor y por consiguiente a igual volumen de agua ingresado la extensión superficial cubierta se amplía.

Una de las posibilidades de que las vías férreas hayan sido cubiertas por las aguas de las máximas crecidas de la laguna (1999 a 2002 y 2016-17) y en escaso espesor puede ser que sus constructores no tuvieron en cuenta la tasa de sedimentación del lecho lagunar. La acumulación de sedimentos lagunares a través del tiempo produjo una "elevación" del fondo que hace posible que el nivel de agua acumulada en la depresión se incremente y por consiguiente cubra las vías, sobrepasando la cota de elevación de las vías férreas. A esto hay que agregar que la laguna posee un volumen inicial mayor que en tiempos pasados porque recibe aguas alóctonas a través de canalizaciones y que no tienen salida, es decir que la laguna no vuelve a sus dimensiones "normales" sino que la superficie inicial al comienzo de un evento pluviométrico es mayor (Figura 2). Ello implica que ha igual cantidad de agua naturalmente aportada por el sistema hídrico la superficie sea mucho mayor que en eventos anteriores. En la Figura 2, se puede observar como el mayor descenso de la superficie inundada en los años pre evento 2014-2015 (113,98 km^2 en 2012) es mayor que en el período pre evento 1997-1998 (55,9 km^2 en 1997) en aproximadamente 50 km^2.

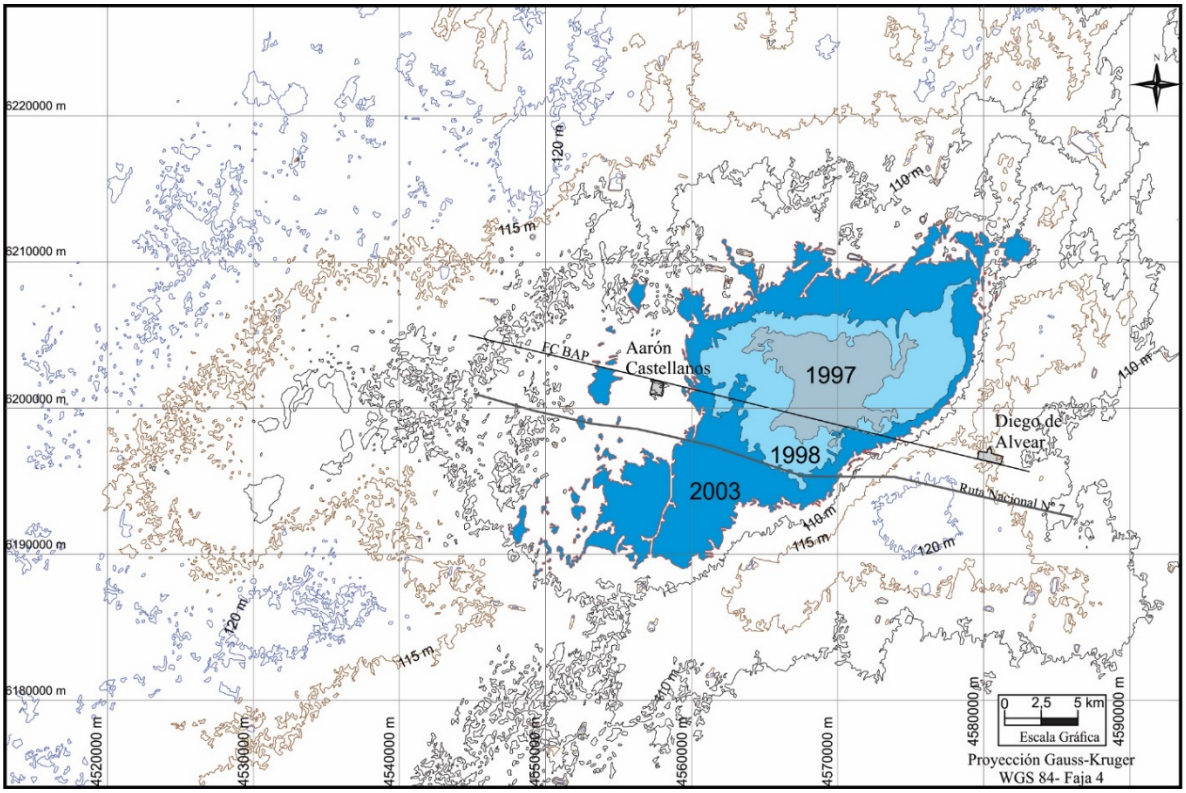


Figura 1. Mapa mostrando el incremento de superficie inundada en el evento 1997-1998 y años posteriores.

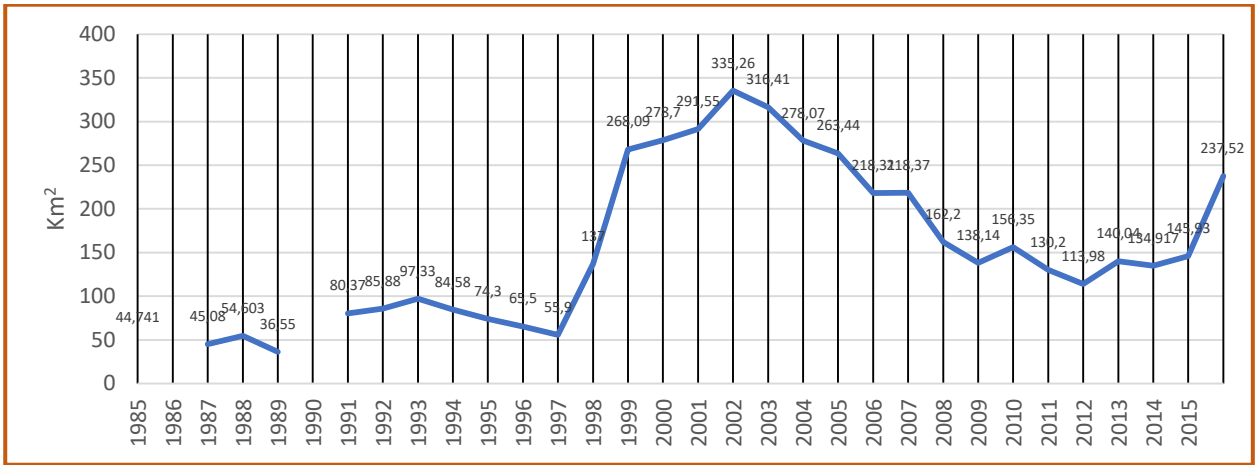


Figura 2. Evolución de la superficie inundada de la Laguna La Picasa en el período 1985-2016.

Referencias

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS, DIRECCIÓN PROVINCIAL DE OBRAS HIDRÁULICAS, 1999. "Estudio de diagnóstico área de aportes a la laguna La Picasa". Informe Final. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO DE LA CIUDAD DE SAN LUIS Y SU INFLUENCIA EN LA PLANIFICACIÓN URBANA

Juan Carlos Flores
juancarlosflores19@gmail.com

El presente trabajo resume el estudio realizado con el objetivo de analizar el sistema de drenaje pluvial urbano para la ciudad de San Luis, Argentina. (Figura 1).

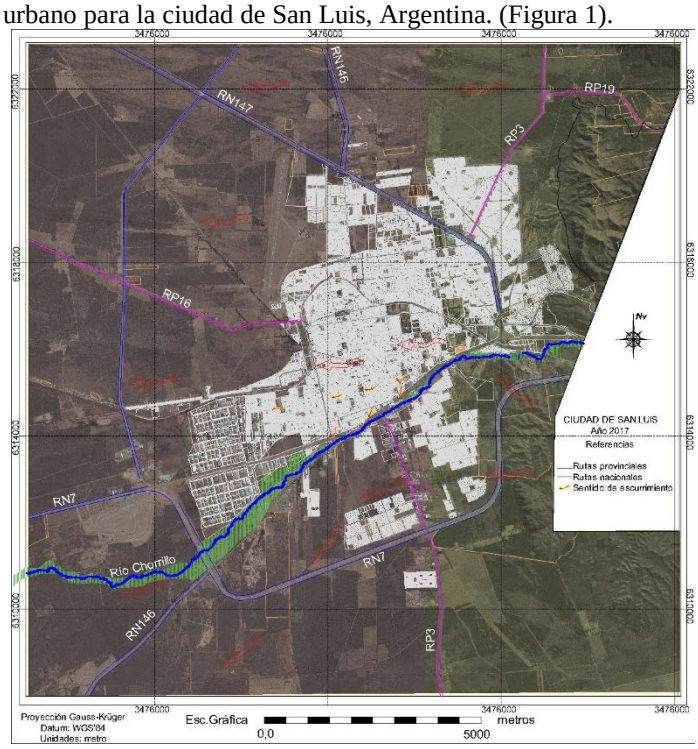


Figura 1. Mapa que muestra el ejido de la ciudad de San Luis, las parcelas urbanas, red vial y el río Chorrillo e imagen de respaldo. (Imagen tomada de Google Earth).

Uno de los grandes desafíos que tienen los responsables de la gestión de los recursos hídricos, es satisfacer la necesidad de capturar, transportar, evacuar y tratar responsablemente las aguas pluviales, con el objeto de alcanzar adecuados niveles de calidad de vida de las comunidades, teniendo en cuenta el acelerado crecimiento en la ocupación del espacio geográfico. Las inundaciones urbanas afectan directa o indirectamente la vida y las actividades de los habitantes de la ciudad. Gran parte del presupuesto de obras de infraestructura de los organismos públicos se destina a la construcción, mantenimiento, operación y rehabilitación de sistemas de drenaje urbano. Los daños anuales por inundación afectan a viviendas, infraestructura, calidad de vida e incluso, pérdida de vidas humanas.

Históricamente, la solución al problema de anegamiento urbano de la ciudad se ha encarado a través de obras de drenaje que permitan remover rápidamente el agua pluvial de las zonas urbanas; ejecutadas a partir de una visión técnico-ingenieril.

Sin embargo, esta visión casi monotemática, ha descuidado muchas otras variables pertenecientes al campo de las ciencias naturales, lo social, económico y cultural. En el presente, el concepto de manejo integral de los recursos hídricos se propone como la solución más adecuada.

La urbanización de una cuenca modifica la respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia, La ocupación de los espacios naturales, genera una alteración en las redes de drenaje naturales, este hecho se pone de manifiesto por aumento en las partes impermeables, mayor infraestructura vial dispuesta transversal y/o longitudinal a las líneas de escurrimiento y, con ello modificaciones en el caudal y la calidad de agua que pueden sintetizarse en:

- Aumento del volumen de escorrentía como consecuencia de la reducción de la infiltración (Fig. 2).
- Disminución del tiempo de concentración.
- Disminución del proceso de concentración de caudal máximo.
- Aumento del caudal de punta. (Figura 2).
- Disminución de la calidad del agua que escurre superficialmente

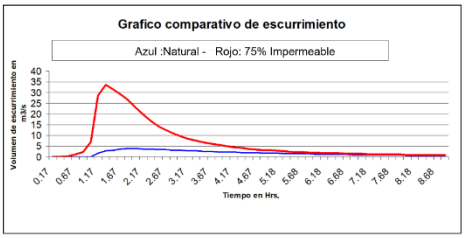


Figura 2. Hidrograma que representa las diferencias en el volumen de escorrentía de una superficie en estado natural y posterior a la impermeabilización.

Gran parte de la planificación y ejecución de infraestructura se realiza sin tener en cuenta los aspectos hidrológicos y la dinámica de cambio en el uso del suelo. Es habitual utilizar modelos o ecuaciones matemáticas para determinar la relación lluvia-escorrentía, a los que se les incorpora datos promedios diarios y/o anuales, tormentas de diseño con periodos de retorno o recurrencia que varían entre 2 a 100 años. Es decir, se realizan

análisis y cálculos para eventos de lluvias pocos frecuentes, pero nada dicen los mismos sobre el comportamiento de la lluvia real sobre un área determinada.

Problemas de calidad de la información referida a falta de continuidad de datos, deficiencia en la distribución espacial de las estaciones meteorológicas y falta de consistencia de los datos; son algunos de los tantos inconvenientes con los que se encuentra quien se propone realizar un análisis hidrogeológico de la ciudad de San Luis.

Dentro del ejido de la ciudad de San Luis; se ha venido ocupando sectores rurales, plena ocupación de parcelas urbanas existentes. Todas estas acciones realizadas sin una adecuada planificación, han generado alteración en los cauces naturales, erosión, encharcamientos, inundación en viviendas, comercios, industrias, destrucción de infraestructura, impactos sociales, y económicos que superan ampliamente los presupuestos municipales y provinciales.

En esta realidad, la gestión integrada de los recursos hídricos puede realizar aportes significativos a un ordenamiento urbano.

Desde el año 2012, se inició el proceso de analizar el comportamiento hidrológico y la respuesta de las cuencas urbanas de la ciudad de San Luis. La diversidad de elementos, tipos y ubicación de la infraestructura existente, así como la dinámica de cambio en el uso del suelo, determinaron que el sistema se esquematizara tomando a la variable que representa la "precipitación" como la señal de entrada, un bloque denominado "cuenca" que representa todo el proceso que se lleva adelante una vez que el agua llega a la superficie y, finalmente el "Caudal como señal de salida del sistema. (Figura 3 y Figura 4).

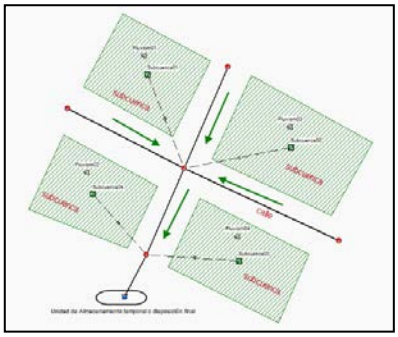


Figura 3- Representación del comportamiento hidrológico de una cuenca.

Figura 4 Componentes físicos típicos que se aplican para modelar un sistema de drenaje de aguas pluviales

A partir de esta abstracción y en la necesidad de contar con ecuaciones matemáticas que permitan modelar la mayor cantidad de variables posible, se optó por utilizar el modelo matemático de simulación continua Storn Water Management Model (SWMM), basando el análisis en:

- Método Hidrológico: EPA SWMM;
- Método de infiltración: SCS Número de Curva;
- Método de Flujo: Hidrodinámico;
- Ecuación de Force Main: HAZEN- WILLIAMS.

RESULTADOS

Desarrollar un plan maestro del sistema de drenaje pluvial sin un adecuado plan de ordenamiento territorial urbano, en el que se propongan medidas correctoras a las actuales redes de drenaje, ampliación y otras medidas, pone de relieve deficiencias y responsabilidades del presente. El sistema de drenaje aquí desarrollado, pretende acompañar a planes de urbanización pensados al largo plazo. Se pretende establecer los criterios para futuras ampliaciones de la trama urbana, asi como modificaciones y mejoras en la existente, teniendo como objetivo final, establecer buenas prácticas en la gestión del recurso hídrico, en correlación con los planes de ordenamiento urbano.

REFERENCIAS

EPA SWMM 5.0 Ve.(2005). Modelo de gestión de aguas pluviales.

CUSTODIO,E. LLAMAS, M.R.(1996). Hidrología subterránea, 2° Edición.

GOMEZ VALENTÍN, M.(2007). La hidrología urbana: Estado actual de la cuestión.

RODRIGUES SANCHES, J. (2013). Nuevas tendencias en la gestión del drenaje pluvial en una cuenca urbana

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE, BOGOTÁ D.C.(2011). Sistemas urbanos de drenaje sostenible

JIMÉNEZ QUIMIZ,D. (2009). Modelado de un sistema Urbano de alcantarillado pluvial en el área de drenaje de Los Esteros Miraflores y Represado, ciudad de Guayaquil.

FLORES, J.C. (2016). Gestión Integrada de los Recursos Hídricos con utilización de Sistemas de Información Geográfica, Cuenca del Bebedero, Provincia de San Luis, Argentina. U.N.Cuyo. Tesis de Maestría. 130pp.Inédito

VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DE ACUÍFEROS EN EL ÁREA PROTEGIDA AUCA MAHUIDA – PROVINCIA DE NEUQUÉN

Ana C. Dufilho, Luciano Bertoni y José Gatica
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue
ceciliadufilho@gmail.com

Introducción

El Área Protegida Auca Mahuida (APAM) es una reserva de usos múltiples, que ocupa 77.020 ha de superficie en el volcán Auca Mahuida, en la zona noreste de la provincia de Neuquén (fig. 1). En el área existen numerosas vertientes, sobretodo en la margen sur del volcán, que son utilizadas por los pobladores rurales para abastecimiento de agua en diferentes usos. La actividad hidrocarburífera que se desarrolla en la región, es fuente de posibles impactos, en superficie y en el subsuelo, que pueden afectar a los acuíferos que dan origen a estas aguadas. Si bien el agua subterránea es un importante recurso en zonas áridas como la región extra andina patagónica, el conocimiento de los acuíferos es escaso y fragmentado (Hernández et al., 2015).

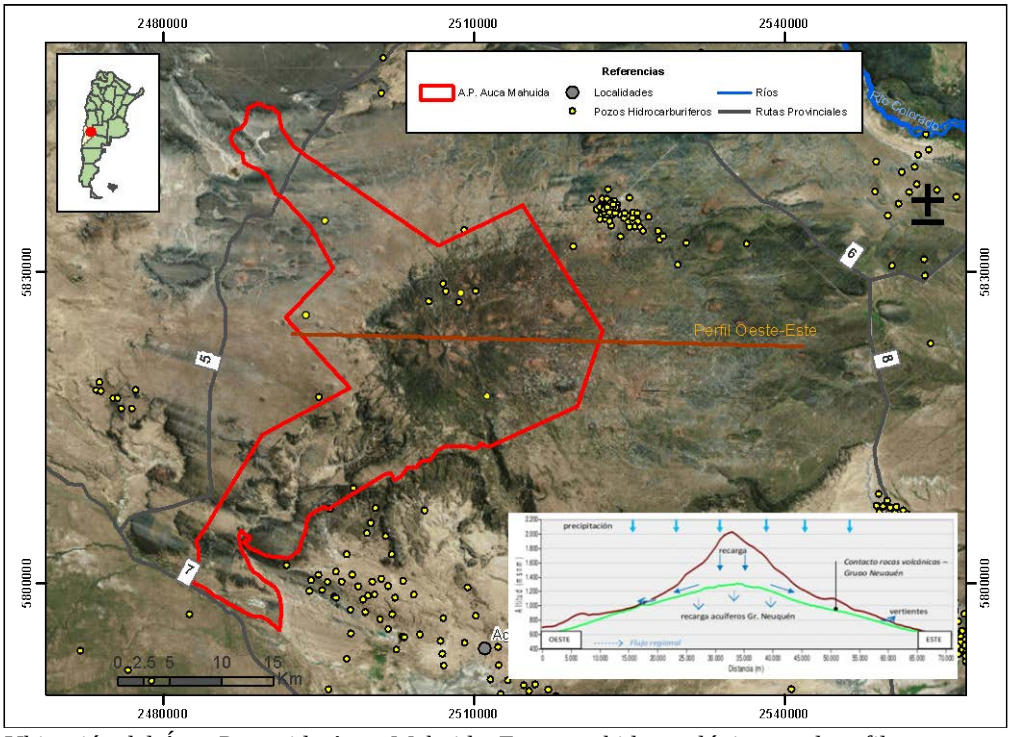


Figura 1. Ubicación del Área Protegida Auca Mahuida. Esquema hidrogeológico en el perfil oeste-este señalado.

Metodología para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca

La vulnerabilidad intrínseca se puede definir como una propiedad del sistema de agua subterránea, que determina su sensibilidad a ser afectado por una carga contaminante (Vrba y Zaporozec, 1994). Esta sensibilidad depende de las características propias de los estratos (grado de confinamiento de la zona saturada, litología de la zona no saturada), de la profundidad del nivel freático o del techo del acuífero confinado y de las características climáticas. Diversos métodos existentes que permiten estimar esta vulnerabilidad fueron investigados por Auge (2004).

En APAM, se utilizó el método DRASTIC de Aller et al. (1987) para fuentes localizadas en la superficie del terreno. Este método considera siete factores, valorados de 1 a 10 (mínima a máxima vulnerabilidad), ponderados según su importancia. El índice DRASTIC toma valores entre 23 (mínima vulnerabilidad) y 230 (máxima vulnerabilidad).

La cartografía de estos parámetros se realizó con información disponible, relevamiento de campo y análisis de imágenes satelitales. Se utilizó un Sistema de Información Geográfica para la elaboración de mapas, la aplicación de la ecuación DRASTIC y la clasificación de resultados.

La litoestratigrafía del campo ígneo Auca Mahuida está representada por efusiones lávicas fisurales multi episódicas, de composición basáltica y traquibasáltica, con un gran número de conos piroclásticos y algunos depósitos de lapillis de poco espesor distribuidos en toda el área (Delpino, 2014). Estos flujos lávicos han cubierto la paleotopografía formada sobre sedimentos del Grupo Neuquén y de la Formación Allen del Cretácico superior. En

superficie, están cubiertos por sedimentos eólicos y de remoción en masa, principalmente caida de bloques y deslizamientos. Estas características litoestratigráficas permitieron valorar los factores Medio Acuífero (A), Impacto de la Zona No Saturada (I) y Conductividad Hidráulica del Acuífero (C).

Los suelos descriptos por Ferrer et al. (1990) a escala 1:500000, presentan escaso desarrollo, de textura franco-arenoso predominantes y mínimo contenido de materia orgánica (aridisoles). También se deben mencionar algunos depósitos de sedimentos aluviales producidos por cauces efímeros en los flancos del cono volcánico. Con esta información se elaboró el mapa del factor Medio Suelo (S).

A partir de información de registros de pozos de perforación de hidrocarburos y de relevamiento de campo, se elaboró el perfil de elevación del contacto rocas volcánicas – rocas sedimentarias (fig.1). En este contacto se observan las numerosas vertientes de flanco, en los sitios donde la menor permeabilidad relativa de las rocas sedimentarias (fangolitas y pelitas) actúa como hidroapoyo de los niveles saturados presentes en las rocas efusivas suprayacentes. Con esta información se obtuvo el factor Profundidad del Agua (D).

El agua presente en las rocas volcánicas tiene su origen en la recarga local que se produce por infiltración de lluvias anuales inferiores a 200 mm. La recarga de los acuíferos confinados en las rocas sedimentarias, tienen su origen en afloramientos ubicados al oeste de APAM. La distribución espacial de la recarga potencial fue estimada por Gatica (2017) y sirvió de base para la determinación del factor Recarga (R).

Se utilizó el Modelo Digital de Elevación (DEM) de 30 x 30 m del Instituto Geográfico Nacional para elaborar el mapa de pendientes y obtener el factor Topografía (T).

Resultados

El índice DRASTIC arroja valores entre 68 y 182 (fig.2), indicando que el 84,9% del APAM presenta valores medios de vulnerabilidad (tabla 1) influenciado por la elevada profundidad del nivel freático en gran parte del campo volcánico.

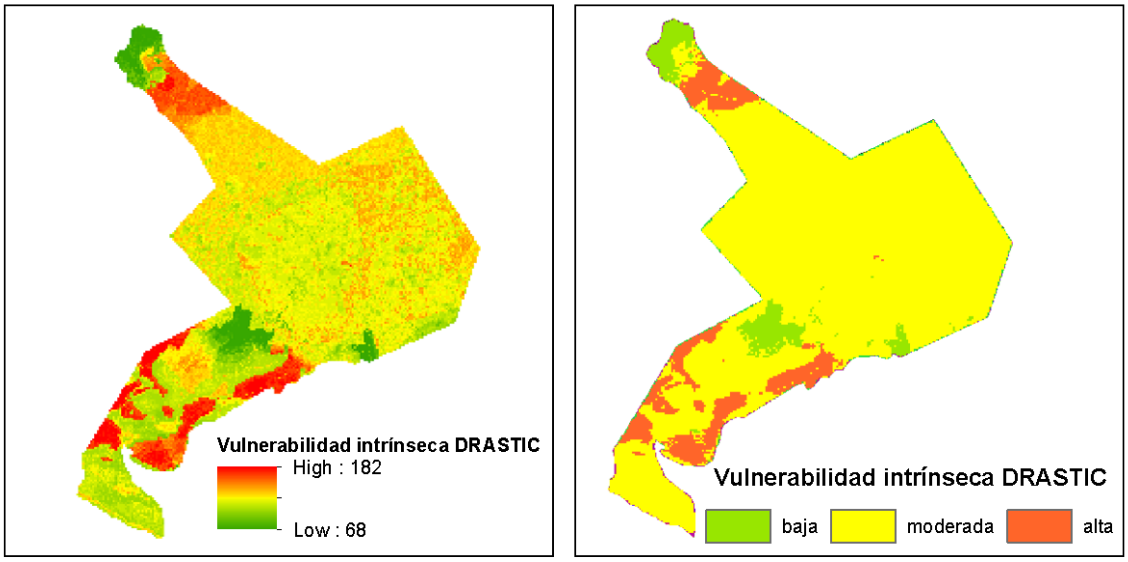


Figura 2. Vulnerabilidad intrínseca DRASTIC en valores continuos (izq.) y en clases (der.).

Las áreas más vulnerables se localizan en las márgenes del volcán debido a la proximidad del agua subterránea a la superficie del terreno, la cubierta de rocas fracturadas y suelos gruesos. En la zona central, próxima a la cumbre, existe una aguada cuya vulnerabilidad intrínseca es alta.

Vulnerabilidad intrínseca	nula	baja	moderada	alta	muy alta
Superficie (ha)	0	4008,4	65384,2	7627,3	0
Superficie (%)	0	5,2	84,9	9,9	0

Tabla 1. Distribución de la superficie en clases de vulnerabilidad.

Conclusión y discusión

El método DRASTIC permitió elaborar una caracterización regional de la susceptibilidad de los acuíferos presentes. Sin embargo, es necesario recordar que no se ha tenido en cuenta el tipo de sustancia contaminante y solo se consideran fuentes superficiales de contaminación.

Referencias

ALLER, L., LEHR, J. H., PETTY, R., & BENNETT, T. (1987). DRASTIC: a standardized system to evaluate groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. National Water Well Association, Worthington, Ohio, United States of America.

AUGE MIGUEL, 2004. Vulnerabilidad de acuíferos. Revista Latinoamericana de Hidrogología N°4 – p85-103.

DELPINO, DANIEL, EMILIANO SANTIAGO, NICOLÁS CARRIZO, MIGUEL MÉNDEZ, DANIELA ZURITA, 2014. Miembro Centenario Inferior: Un Nuevo Reservorio en el Yacimiento Volcán Auca Mahuida - Risco Alto – Las Manadas, Cuenca Neuquina, Argentina.

FERRER J. A., IRRISARRI, J. Y MENDÍA, J., 1990. Cartografía De Los Suelos. Estudio Regional De Suelos de la Provincia del Neuquén. Vol. I, Tomo 3 (232 pp.) y Tomo 4 (182 pp.); Vol. II, Tomo I (258 pp.). CFI-COPADE. Provincia del Neuquén.

GATICA JOSÉ, 2017. Estimación de la recarga en los acuíferos de la provincia del Neuquén utilizando Sistema de Información Geográfica (SIG-GIS). Tesis Final de Licenciatura en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional del Comahue. 99 p.

HERNANDEZ, M. A., N. GONZALEZ Y L. HERNANDEZ, 2009. Regiones aridas. Procesos diferenciales de recarga y casos ejemplo de la Argentina. En J. Carrica, M. Hernandez y E. Marino (eds.), *Recarga de acuíferos. Aspectos generales y particularidades en regiones áridas*, pp. 63-70. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extrandino. Boletín de Informaciones Petroleras, 23 (226): 1- 39. Buenos Aires.

VRBA J. Y ZAPOROZEC A. (Ed), 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH, Vol 16: 1-131. Verlag Heinz Heise. Hannover.

MONITOREO DE INUNDACIONES A TRAVÉS DE INFORMACIÓN SATELITAL BASADA EN LA NUBE.

George Castellanos[1]; Esteban Jobbágy[1] y Javier Houspanossian[1,2]
1 Grupo de Estudios Ambientales – IMASL, UNSL y CONICET
2 Departamento de Geología, FCFMyN, UNSL
geocastellanosg@gmail.com

Desde hace aproximadamente 50 años se monitorea la superficie de la tierra con sensores satelitales. Desde entonces la producción y disponibilidad de plataformas y los datos que estas generan han aumentado exponencialmente. Actualmente la abundancia de datos generados estimula la aplicación de criterios de *Big Data* a la teledetección (Gorelick et al., 2017). El desarrollo de *Google Earth Engine* (GEE), una plataforma de procesamiento de datos geoespaciales basada en la nube, permite el acceso, procesamiento y análisis de productos satelitales (históricos y en "tiempo real") provenientes de grandes repositorios, mayoritariamente, de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y E*uropean Space Agency* (ESA). En este trabajo exploramos la capacidad del GEE específicamente aplicado al monitoreo de la dinámica de las aguas superficiales y de inundaciones de la llanura Pampeana entre el período 1985-2015. Para esto utilizamos productos satelitales mensuales de observaciones validadas de aguas superficiales derivadas de las plataformas Landsat *(Pekel et al., 2016)*. Observamos que en el período de estudio el 5,5% de la región estuvo al menos cubierta por agua una vez (Figura 1). Para un mejor enfoque se removió de los datos de la región de estudio (superficie aproximada de 808 368 km^2) la zona del Delta del Paraná, para poder calcular la frecuencia de detecciones de agua en las zonas inundables, donde al recalcular se determinó que el 4.1% de la superficie está clasificada como "agua". Luego se analizó la dinámica de los cuerpos de agua (número y superficie) para una zona de interés, próxima a la ciudad de Pehuajó,

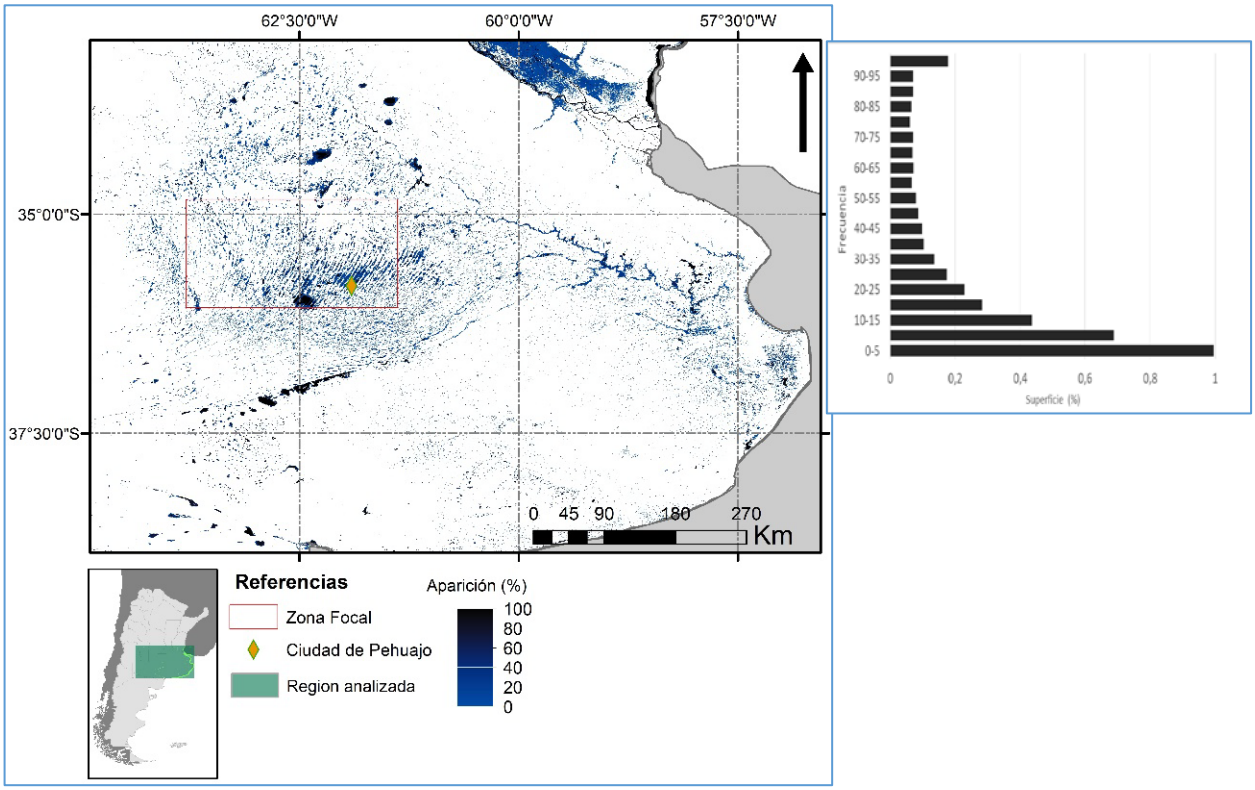


Figura 1. Análisis de la aparición de "valores agua" detectados. Generado a partir del grano mensual del producto de mascara de agua (con valor 0 tierra y 1 agua) para un total de 369 datos, los cuales fueron transformados a rangos de 0 a 100 % de ocurrencia en todo el periodo, resultado de la diferencia del número total de fechas y la sumatoria de todas las fechas *NO DATA*, para calcular el porcentaje de detección, y a partir del cual se calculó el histograma permitiendo analizar la frecuencia de aparición de valores agua en relación a la superficie cubierta para un total de 808 368 km^2.

Provincia de Buenos Aires. Se observó que en la región hubo cuatro períodos de inundación (1987 al 1988, 1993, 2000 al 2003, y 2012) (Figura 2) que mostraron una dinámica similar y cíclica respecto a la superficie inundada y su agrupamiento en cuerpos de agua individuales. En los últimos ciclos de inundaciones se observó una primer etapa de "coalescencia" en la que el área inundada creció más rápidamente que el número de cuerpos de agua (evento de

1993, inundación del 2002), seguida de un etapa de "fraccionamiento" en la que el área inundada se retrajo y el número de cuerpos de agua se redujo muy poco e incluso llego a aumentar (1993-1994, 2002-2003, 2012-2013). El procesamiento de información espacial en la nube mejorara la capacidad de monitoreo satelital de inundaciones lo que puede ser de gran utilidad para entender la dinámica de esos procesos y su gestión territorial.

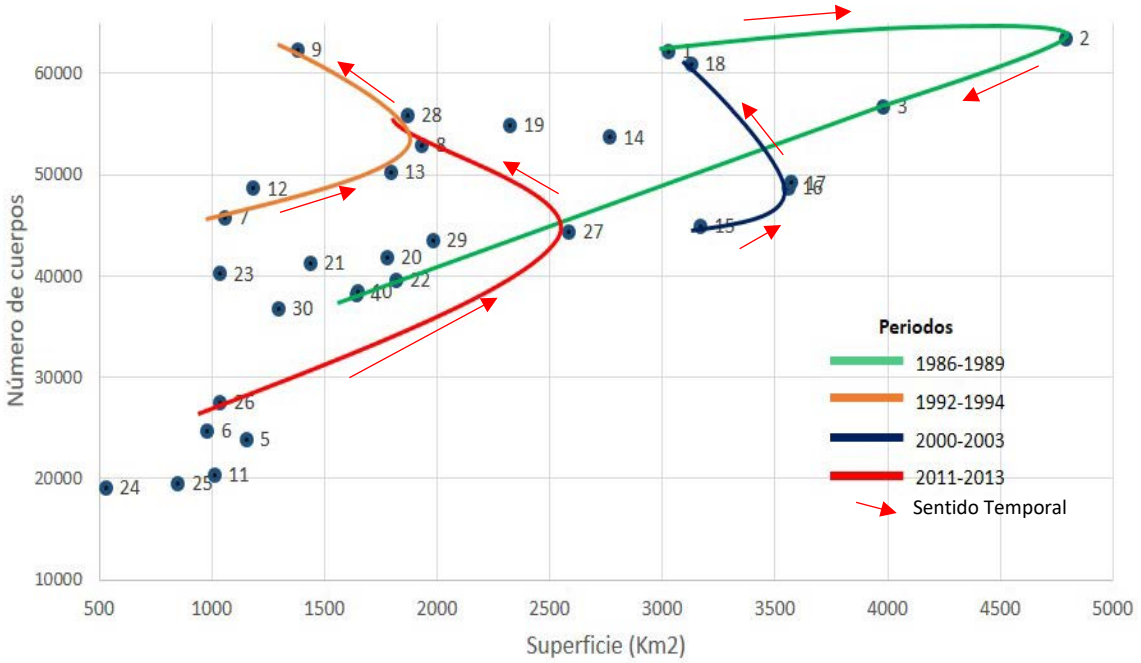


Figura 2. Relación de superficies cubiertas y cuerpos de agua detectados. Esquematizando la dinámica de los ciclos de inundación (verde, naranja, azul y rojo), en el periodo de 1986 (punto 1) al 2015 (punto 30) donde se observa el aumento de la superficie inundada y las relaciones de coalescencia y fraccionamiento de los cuerpos de agua.

Referencias

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment.

Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S., 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. Nature 540, 418-422.

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE DEL SUDESTE BONAERENSE, OTRA PERSPECTIVA PARA SU INTERPRETACIÓN

M.J. Bó[1, 2], K. Halpern[1,3], S. Bazzini[1], J.L. del Río[1] y M. Camino[1, 2,4]
[1] *Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEyN, UNMdP – CIC, Funes 3350,*
[2] *Universidad FASTA, Gascón 3145, Mar del Plata, Argentina*
[3] *CONICET*
[4] *Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, UNMdP, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina.*
mjbo@mdp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El área de estudio está caracterizada por la presencia de una planicie ondulada de génesis eólica (Llanura pampeana); la cual es irrumpida por el sistema orográfico de Tandilia que conforma las cabeceras de las cuencas de drenaje de esta región, cuyos cursos presentan un régimen permanente o intermitente (Ramos 1999).

Numerosas variables morfométricas permiten caracterizar cuali-cuantitativamente el comportamiento de cuencas de drenaje. Las mismas, pueden agruparse según sean de forma, de relieve y de la red de drenaje (López Cadenas de Llano, 1998, Gaspari *et al.*, 2012; Camino *et al*., en prensa). Muchas de éstas, tanto de medición directa como indirecta, brindan información redundante. Es por tanto, el objetivo del presente trabajo identificar los parámetros morfométricos que mejor explican el comportamiento hidrodinámico de las mismas. La aplicación de un método estadístico de componentes principales (PCA), intenta determinar qué variables son más significativas en el estudio de las cuencas fluviales y evitar la elección arbitraria al desestimarlas.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las cuencas objeto de estudio se denominan (de N a S): Corrientes, Lobería, Seco, Chapadmalal, Las Brusquitas, El Durazno, La Totora, La Ballenera, La Carolina, La Tigra, Chocorí y Nutria Mansa. Éstas se localizan entre los 37° 58´ 31” S y 38° 21´ 39” latitud Sur y los 57° 34´ 24” y 58° 10´ 48” de longitud Oeste (Figura 1).

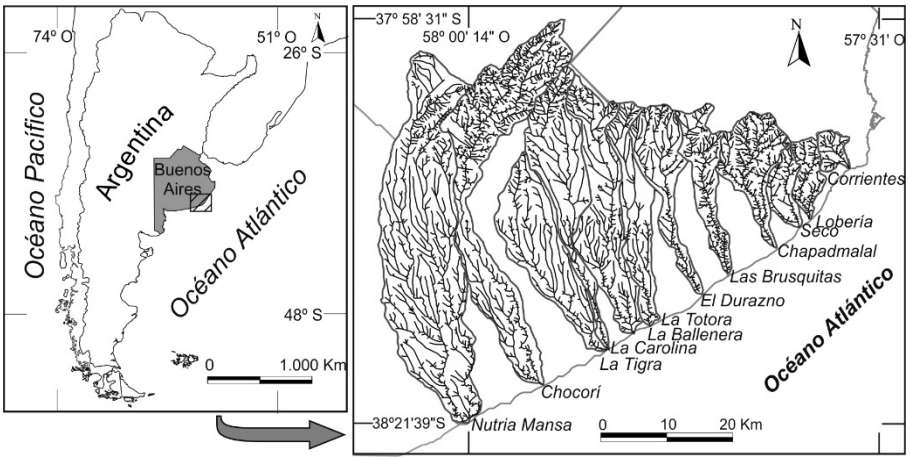


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio (Modificado de Camino *et al.*, en prensa).

METODOLOGÍA

Por medio del análisis de componentes principales (CP) se analizaron un total de 20 parámetros con el programa estadístico Past 3.1 (Hammer y Harper, 2001), software de libre acceso. 6 variables morfométricas son de medición directa (Perímetro (*P*), Longitud Axial (*La*), Longitud del curso principal (*L*), Longitud total del drenaje (*Ln*), Ancho promedio (*Ap*) y Área de la cuenca (*A*)), 3 parámetros de forma (Índice de Forma (*IF*), Coeficiente de compacidad de Gravelius (*Kc*) y Razón de elongación (*Re*)), 5 de red de drenaje (Densidad de drenaje (*Dd*), Extensión media de escorrentía (*EME*), Orden de la cuenca (*O*), Relación de bifurcación (*Rb*) y Coeficiente de torrencialidad (*Ct*)) y 6 de relieve (Altura máxima de la cuenca (*HM*), Altura mínima de la cuenca (*Hm*), Altura media (*Hmed*), Desnivel absoluto (*d*), Pendiente media del cauce principal (*i*) y Pendiente media de la cuenca (*Pend*)) de las doce cuencas analizadas por Camino *et al.* (en prensa).

De las variables enumeradas (Camino *et al*., en prensa) se descartaron la *Hmed* y *Hm*, la primera de ellas por estar contenida en otras variables y la segunda porque todas las desembocaduras de la cuencas se encuentran en la cota cero. Asimismo, *HM* fue eliminada porque su expresión coincide con *d*.

RESULTADOS

El PCA tiene una variabilidad acumulada de 84% al considerar las tres primeras componentes. En el gráfico se observa la disposición de las cuencas de acuerdo a la similitud presente en CP 1 y 2. Acompaña al PCA (Fig. 2a) un gráfico de cargas donde se muestra la disposición adoptada por las variables analizadas en relación con los dos primeros componentes principales (Fig. 2b).

En base al valor de sus cargas, se identificaron las variables que más aportan al CP1: *P* y *La*. También, *Ln, A, LCN1, EME y d* donde la mayoría se corresponden con variables de medición directa. La CP2 representaría *Rb media*, *O* y *Re*; aunque también poseen una magnitud similar *Ap, Dd, Pend, If, Nc1* e *i*. La CP3: está caracterizada por *Dd, Pend, Ap, Kc y Nc1*.

A partir del gráfico, se reconocieron 5 grupos de cuencas (Fig. 2a): Grupo 1: cuencas Nutria Mansa y Chocorí; Grupo 2: cuenca del arroyo Corrientes; Grupo 3: cuenca del Chapadmalal; Grupo 4: cuencas La Lobería y Seco y Grupo 5: cuencas Las Brusquitas, El Durazno, La Totora, La Ballenera, La Tigra y La Carolina.

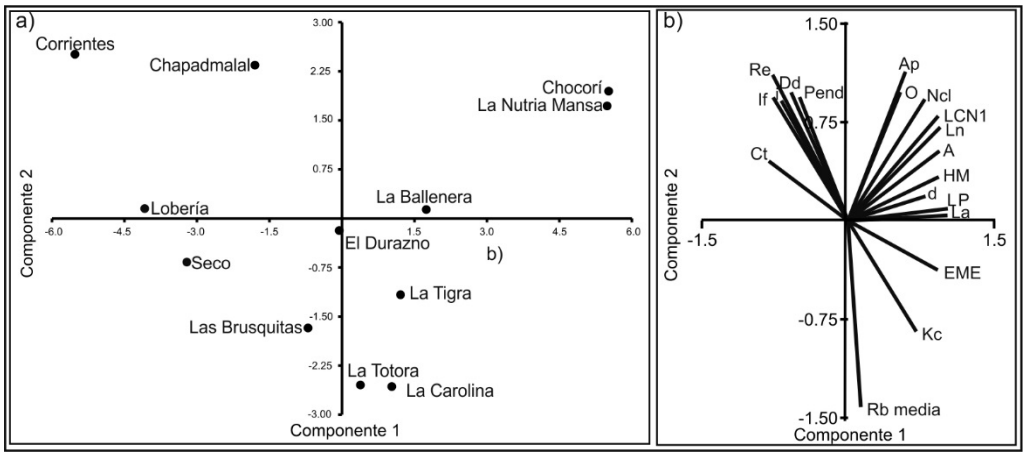


Figura 2. a) Análisis de componentes principales (CP1 y CP2); b) Gráfico de cargas con la distribución de las variables en estudio.

DISCUSIÓN

El PCA, de manera preliminar, permitió identificar las variables más informativas respecto a la dinámica de las cuencas. Asimismo, permitiría reducir la cantidad de parámetros a utilizar: en este caso, los de medición directa. Al trabajar con estas variables podríamos inferir el comportamiento de la cuenca en cuanto a la probabilidad de inundación.

El agrupamiento de cuencas reconocido coincide con lo expresado por Camino, *et al.*, (en prensa), ya que el Grupo 1 corresponde a las cuencas cuyas nacientes, en el eje serrano de Tandilia, están más alejadas de sus desembocaduras. Tienden a ser elongadas a rectangulares y logran un área mayor con un ancho poco desarrollado en relación a su extensión. El Grupo 2 queda configurado por la única cuenca casi circular, por lo que representa un caso anómalo en cuanto a los valores bajos de los parámetros considerados. Las cuencas del grupo 3 presentan valores similares en todos los parámetros considerados en el presente análisis. Por último, el grupo 4, queda determinado por valores intermedios por su ubicación geográfica.

El CP1 ordena las cuencas de N-S condicionado principalmente por *P, La, Ln* y *A*. Este patrón responde a la posición del eje del Sistema de Tandilia (NO-SE) y al ángulo que éste forma con la línea de costa, lo cual coincide con lo expuesto por Camino *et al*. (En prensa).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

CAMINO, M. A., BÓ, M. J., CIONCHI, J. L., LÓPEZ DE ARMENTIA, A., DEL RÍO, J.L. y S. DE MARCO. Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista Universitaria de Geografía. En prensa.

GASPARI, F. J; RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M.; SENISTERRA, G. E.; DENEGRI, G.; DELGADO, M. I. y S. BESTEIRO, 2012. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente. AUGMDOMUS, Vol, 4: 143-158.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T., RYAN, P. D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontología Electrónica, 4(1): 9.

LÓPEZ CADENAS DE LLANO, F., 1998. Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión. Madrid: Mundi Prensa. 945 pp.

RAMOS, V. A., 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales Instituto de Geología y Recursos Minerales, Nº 29 (3): 41–96.

Recursos Minerales. Anales. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, nº 29, cap. 3, pp: 41–96.

ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE TALUDES EN EL CIRCUITO DEL DIQUE NOGOLÍ, DEPTO. BELGRANO, SAN LUIS"

Ana Vinuesa [(1)], Carlos Gardini [(2)] y Daniel Sales [(2)]

(1) Ministerio de Medio Ambiente Campo y Producción. Programa Gestión Ambiental .Terrazas del Portezuelo, 5700, San Luis.
avinuesa@gmail.com

(2) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL). Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
gardinicarlos@gmail.com

El presente trabajo permite realizar una caracterización del macizo rocoso y determinar las áreas de mayor riesgo de deslizamientos y caída de bloques hacia la ruta con las derivadas consecuencias que esto apareja.

La zona de estudio se desarrolla en las inmediaciones de la presa de Nogolí, sobre el camino del perilago (Figura 1), ubicado en la localidad homónima, con una extensión de 5470 metros, y el inicio de la ruta hacia la localidad de Río Grande por unos 500 metros. En sus márgenes se desarrollan numerosos taludes sobre rocas del basamento cristalino principalmente, representadas por el Complejo Metamórfico Nogolí y el Plutón monzonítico El Molle; y sobre rocas sedimentarias, representadas por depósitos fluvio-aluviales y fluvio-coluviales.

El macizo rocoso se encuentra afectado por discontinuidades con dirección predominante NO-SE y NE-SO con alto ángulo de inclinación, representando a diaclasas y fallas.

Se calificaron las condiciones geomecánicas de 41 sectores que forman parte de 24 taludes seleccionados, tanto metamórficos como ígneos, influenciado su valor por la orientación de la cara libre del talud respecto de la traza del camino del perilago.

Según las clasificaciones geomecánicas, se determinó en primer lugar el índice geomecánico RMR, donde el 43,9% de los taludes presentaron clase III (calidad Media), el 29,3% clase IV (calidad Pobre), el 19,5% clase V (calidad Muy Pobre) y solo el 7,3% calidad "buena" (clase II). Mientras que para la determinación del índice geomecánico SMR (48 sectores) el 35,4% corresponden a calidad "normal" (clase III), el 29,2% calidad "buena" (clase II), 20,8% a calidad "mala" (clase IV), un 8,3% a calidad "muy mala" y el restante 6,3% a calidad "muy buena" (clase I).

Por último, se clasificó el macizo rocoso en función del índice GSI, donde predominan las estructuras de "bloques irregulares" con condición del frente "media", y en menor medida con condiciones de frente "pobre" y "buena".

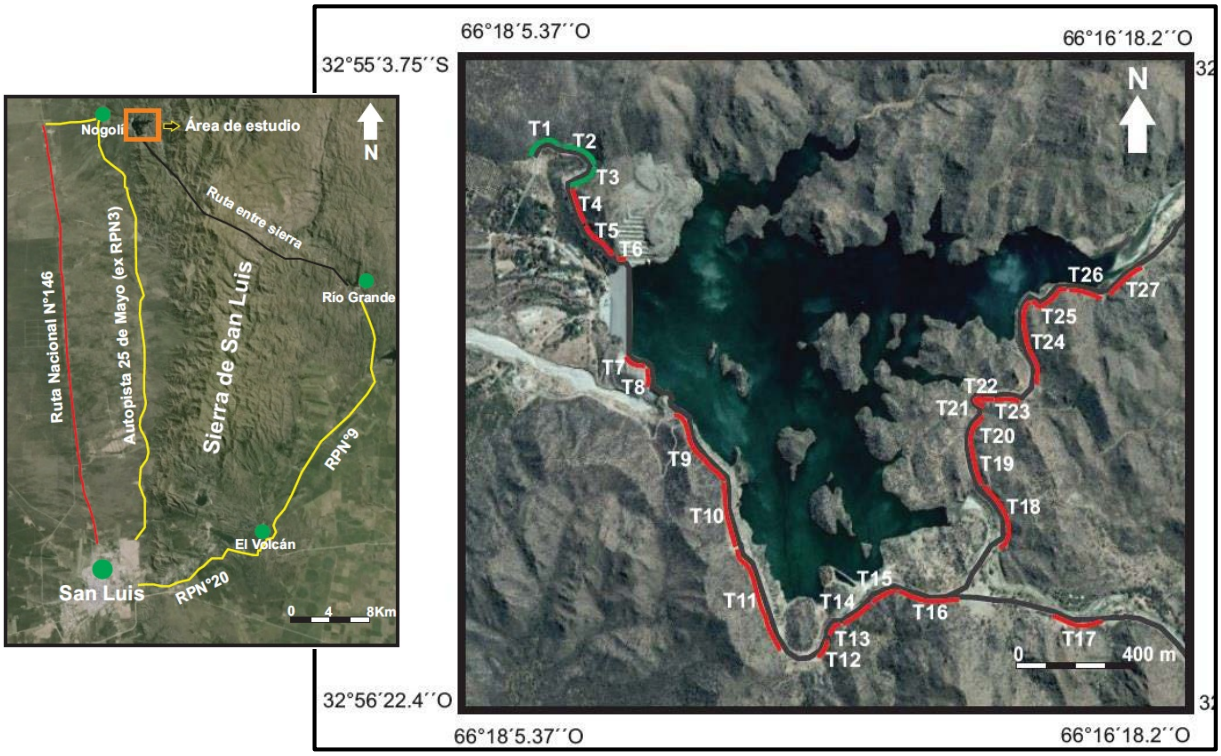


Figura 1: Taludes analizados en el área de estudio (en segmento rojo: taludes donde se aplicó el análisis cuantitativo; en segmento verde: taludes clasificados mediante análisis cualitativo).

Los principales procesos de remoción en masa varían de acuerdo al tipo de roca. En el basamento cristalino se producen roturas en cuña, planar y vuelco que generan deslizamientos y caídas de bloques (Figura 2). En las rocas sedimentarias, se identifican flujos de detritos y caída de bloques de variado tamaño.

Figura 2: a) Primera evidencia de inestabilidadel talud produciendose un deslizamiento traslacional (año 2002); **b)** Vista hacia el sur del talud crítico luego de la limpieza del sector; **c)** Reactivación por falla planar y consecuente deslizamiento (Octubre de 2013) (extraído de Sales, 2015).

Conclusiones

La foliación de las rocas metamórficas tiene rumbo NNE-NE con inclinación SE, y subordinadamente NO-SE con inclinación al NE, con ángulos entre los 45° a subverticales (89°).

Las discontinuidades presentan dos direcciones preponderantes de planos con rumbos entre 270° y 300° (NO-SE), y otro grupo entre 0° y 15° (NE-SO) con buzamientos predominantemente hacia el NE y NO, respectivamente, de alto ángulo (75° a 90°).

Los planos de fallas se ubican en una dirección principal E-O y en menor cantidad NO-SE, con ángulos de inclinación entre 75° y 90°. La geometría de los planos de fallas se caracterizan por la participación de las componentes L (20-80%), V (15-70%) y T (2-25%), del vector rechazo total.

Las fallas muestran movimientos compresivos con predominio de desplazamientos sinestrales.

Los taludes se caracteriza por presentar ángulo moderado (entre 50° y 80°), alturas relativamente bajas (entre 2 y 10 metros) y extensiones variables (de 42 a 370 metros).

De los parámetros geomecánicos analizados en las discontinuidades del macizo, predominan bloques con tamaño muy pequeño, espaciamiento moderadamente junto y continuidad muy baja. Estas características generan un grado de fracturación medio según el índice RQD estimado para afloramientos. Estos parámetros intervienen como factores condicionantes en la estabilidad de los taludes, los cuales se ven controlados principalmente por la orientación de la cara libre del talud respecto a la traza del camino.

De acuerdo al tipo de rotura que se generan en los taludes, los principales mecanismos de rotura son: cuña, planar y en menor cantidad vuelco.

CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS DE LA REMOCIÓN EN MASA QUE AFECTÓ VILLA SANTA LUCÍA, REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE 16-12-2017.

Violchen Sepúlveda*[1], Paul Duhart*[2], Natalia Garrido*[3], Javier Fernández*[4], Mauricio Mella*[5], Gonzalo Hermosilla*[6], David Quiroz*[7], Hugo Moreno*[8].
Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, Chile.

*[1]*violchen.sepulveda@sernageomin.cl*, *[2]*paul.duhart@sernageomin.cl*, *[3]*Natalia.garrido@sernageomin.cl*, *[4]*javier.fernandez@sernageomin.cl*, *[5]*mauricio.mella@sernageomin.cl*, *[6]*gonzalo.hermosilla@sernageomin.cl*, *[7]*david.quiroz@sernageomin.cl*, *[8]*hugo.moreno@sernageomin.cl*

El día 16 de diciembre del 2017 se produjo una remoción en masa en la cabecera del valle del río Burritos, del tipo deslizamiento con flujo de detritos y flujo de lodo asociados. Estos destruyeron un tramo de 2 km de la ruta 7 (ruta principal en regiones de Los Lagos y Aysén) y destruyeron la mitad de la Villa Santa Lucía, dejando 21 fallecidos y 1 desaparecido.

La remoción en masa fue desencadenada por un evento hidrometeorológico de precipitaciones de 120 mm en 24 horas, con isoterma 0° sobre los 2500 m.s.n.m. lo cual fue precedido por un periodo anormal de temperaturas medias y extremas altas, efecto atribuible al cambio climático. Estas precipitaciones fueron conjugadas con los factores condicionantes de escarpe con alta pendiente en rocas volcánicas con fracturamiento subvertical y grietas abiertas debilitadas por alteración hidrotermal (arcillas) y bajo este escarpe de roca la presencia de detritos (bloques rocosos) que cubren un glaciar en retroceso (hielo) con un lago glacial asociado (agua). Así, el deslizamiento de la pared de roca empujó sedimentos, el glaciar cubierto y agua, lo que generó un flujo se detritos y flujo de lodo asociados, que incorporó sedimentos suelos y bosque del valle del río Burritos.

El flujo en su conjunto (lodo y detritos) se desplazó una distancia de 8,6 km desde su origen, en la naciente del río Burritos, hasta Villa Santa Lucía. Sobrepasó la ruta 7 en un tramo de 2km y rellenó un antiguo humedal. En este sector, se encauzó en el cañón norte-sur del río Burritos en un tramo de 1,5 km y se depositó a su salida en un abanico radial, de 600 a 1000 m de extensión y de entre 3 y 8 m de potencia en Villa Santa Lucía.

Se estima que la remoción en masa movilizó, desde el área de generación, un volumen de 7.200.000 m^3 de sedimentos, agua, hielo y cobertura vegetal, de los cuales 2.000.000 m^3 fueron depositados en el abanico de Santa Lucía, el que cubrió una superficie de 900.100 m^2, de los cuales 60.000 m^2 corresponden a la Villa Santa Lucía.

El flujo en el cañón del río Burritos habría alcanzado una velocidad media de 72km/hora.

El cauce del río Burritos en su parte baja se colmató producto de los sedimentos y troncos depositados, los que produjeron empalizadas que obstruyeron el canal dejando amplias llanuras de inundación caracterizadas por abundante barro y troncos. Los eventos hidrometeorológicos siguientes produjeron desbordes en la parte baja.

La remoción en masa aún se encuentra activa en su área de generación, siendo sensible a eventos hidrometeorológicos y sismos, mientras que el cauce del río Burritos puede generar desbordes.

Figura 1: Escarpe de generación en rocas volcánicas con alteración hidrotermal y detritos cubriendo núcleos de hielo remanentes.

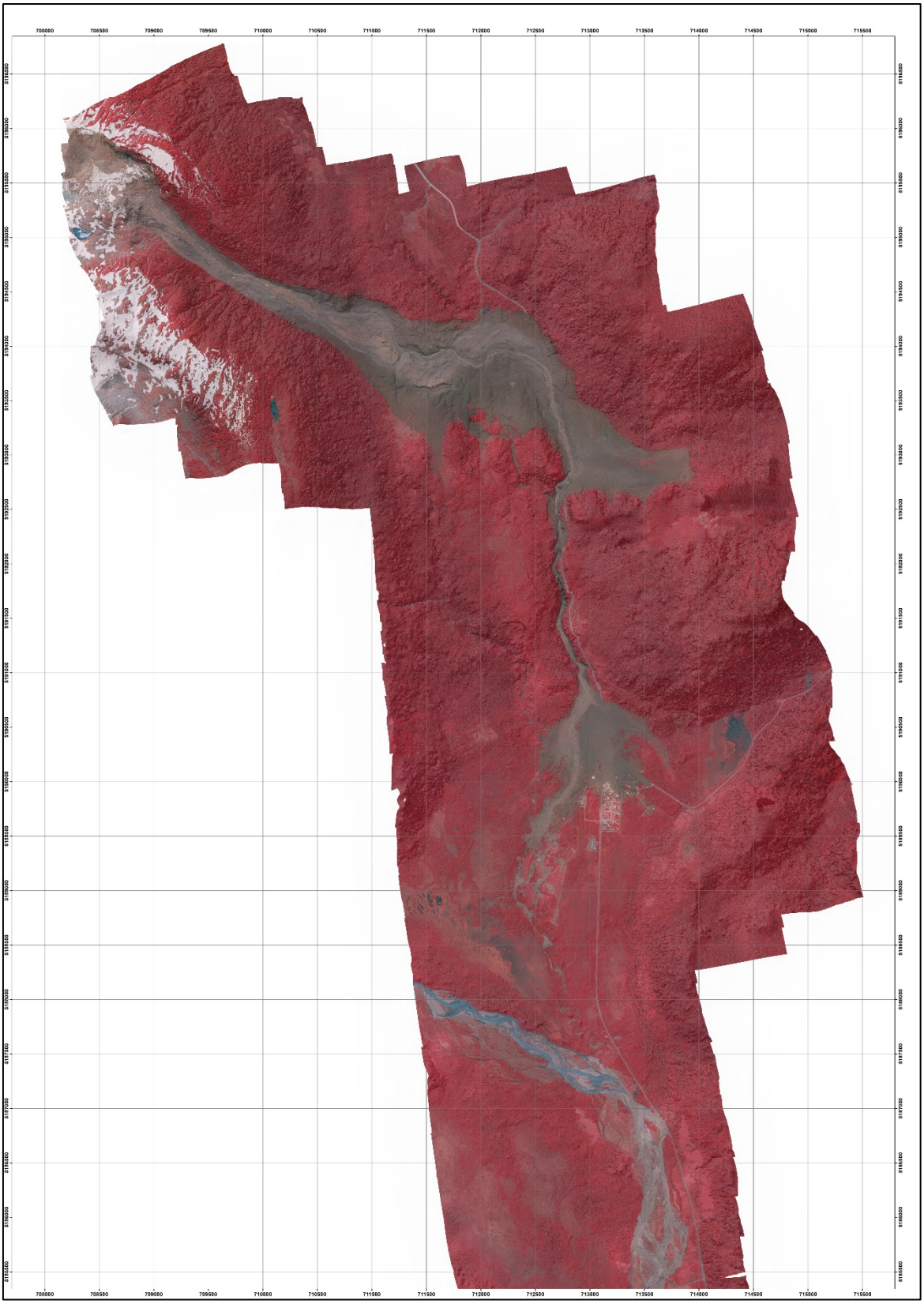


Figura 2: Imagen de infrarrojo cercano (SAF, 2017). El color rojo resalta la vegetación, mientras que los tonos grises resaltan el área afectada.

Referencias

Garrido, N.; Mella, M.; Fernandez, J.; Sepúlveda, V.; Quiroz, D.; Hermosilla, G.; Moreno, H.; Duhart, P. INF-X-01.2018. Origen y efectos de la remoción en masa del 16.12.2017 que afectó la localidad de Villa Santa Lucía, Comuna de Chaitén, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico, 57 p.

EL LOESS DE SANTIAGO DEL ESTERO. CARACTERISITICAS GENERALES. PELIGRO GEOLÓGICO Y RIESGOS GEOTÉCNICOS. COLAPSO. TUBIFICACIÓN. GRIETAS. CARCAVAS. EXPERIENCIAS EN OBRAS DE LA INGENIERÍA CIVIL.

Ricardo Schiava; Juan Castellano y Edgardo Ávila

[1]*IMEC. Instituto de Materiales Estructuras y Construcciones. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero*

schiava@unse.edu.ar, juancast@unse.edu.ar

El loess, sedimento de origen eólico, que cubre gran parte de la planicie santiagueña, está constituido por una mezcla de limos (ML) y de limos arcillosos (ML-CL, CL) de baja plasticidad y contenido variable de arenas muy finas, de color castaño claro, ver Tabla 1. Los granos más gruesos conforman una estructura abierta, tipo panal de abeja vinculándose entre ello por intermedio de puentes y /o ligazones de arcillas y/o sales de minerales, siendo esta última y en nuestra región, de composición mayormente calcáreas. En la masa inalterada suele presenciarse el sistema radicular actual o antiguo de aquella vegetación que contribuyó a su desarrollo como loess. En dicho contexto, con bajo contenido de humedad, el terreno adquiere propiedades cohesivas aparentes y cierta resistencia mecánica, pero si la humedad supera su valor crítico, dichos vínculos se rompen por humectación de las arcillas y/o disolución de sales, generándose internamente una redistribución de los esfuerzos por rotura de la estructura. Este fenómeno que produce una falla abrupta con reducción significativa del volumen del suelo afectado, se conoce como "colapso" Skempton, (1953).

Este se manifiesta en superficie con unos hundimientos de formas relativamente circulares en diferentes diámetros y profundidades, según la magnitud del humedecimiento acaecido y delimitadas generalmente por paredes verticales. Cuando este proceso afecta el subsuelo de áreas construidas o de obras en particular, ocasiona daños significativos a las mismas e insume costos importantes para su reparación y / o reconstrucción. Este proceso natural también es acelerado por la acción antropogénica que suele producir impactos negativos de diversas magnitud, particularmente allí cuando se actuó desconociendo características geológicas y geotécnicas del loess Santiagueño o en su defecto, cuando se subestima su accionar y no se toman los recaudos en las diferentes etapas de la obras.

En este trabajo se presentan observaciones de campo, ensayos de laboratorios de experiencias constatadas de estos procesos cuando el evento de colapso ya se había producido. Asimismo se han asumido diferentes grados de evolución que puede el fenómeno adquirir, por ejemplo durante lluvias abundantes e intensas, Ver la Figura 1, Castellano (2014) y como puede llegar finalmente a la conformación de cárcavas y generar el fenómeno conocido de erosión retro cedente del suelo.

La experiencia registrada en la zona del Bañado de Figueroa, en la Provincia de Santiago del Estero, es una muestra del procesos graves de formación de cárcavas, donde una zona deprimida del Río Salado en la que naturalmente inundaba periódicamente sobre ambas márgenes y depositaba sedimentos aluviales muy finos de limos y arcillas, (silt, loam, loamy), formando una capa superficial delgada impermeable y poco consolidada. Producto primero de la profundización del Río Salado como repuesta a la construcción aguas arriba de obras de diques y embalses, seguido de otras acciones entrópicas, como los desmontes y laboreo de la tierra inadecuado o la introducción de obras de infraestructuras, actuaron como factores desencadenantes de escurrimientos superficiales, estos aceleraron la remoción de dichos sedimentos finos de la antigua zona de bañados. La consecuencia fue la rotura del equilibrio natural que existía en el sistema río, bañados, donde se produjo la disminución del espesor de esa capa por erosión tipo laminar, así se facilitó la infiltración del agua de precipitaciones pluviales locales y el riego por inundación, haciendo que se saturen los terrenos subyacentes que poseen características geológicas y geotécnicas de loess colapsables. Se recreó el comportamiento del colapso cerca de las barranca del rio Salado produciéndose su falla inicial y su posterior evolución hacia aguas arriba de su cauce en ramificaciones erráticas que agravaron aún más el cuadro general del proceso. Este fenómeno conocido localmente como "carcavamiento", ver la Figura 1, una vez iniciado es muy difícil de detener, particularmente si hay agua de modo continuo, así es que se desarrollan cárcavas en una gran área y avanzan aguas arriba de manera errática produciendo grandes daños a la infraestructura vial e hidráulica de la región. Este trabajo pretende en consecuencia contribuir al conocimiento de este fenómeno proponiendo medidas para atemperar sus efectos dañinos. También se presenta y evalúan obras de ingeniería desarrolladas para frenar la evolución del carcavamiento en el área del Dique Figueroa.

Figura 1: Izquierda: Ejemplo del colapso inicial durante una lluvia, localidad de Otumpa. Castellano (2014). **Centro y Derecha:** Detalles de **c**árcavas en retroceso y vista aérea del carcavamiento en conjunto producido en varios frentes en retroceso al desaguar el Bañado de Figueroa del Río Salado. Schiava (2016)

		Ubicación						
		El Bobadal	B. Alegre	La Fortuna	Telecom capital	Pozo Hondo Hospital	Arraga T. Elevación	Villa Río Hondo
Parámetros	Clasif. Unificada	ML-CL	ML	ML	ML-CL	CL	CL-ML	ML-CL
	H_{nat} %	8.7	7,31	21	5,6	19,3	20.12	7.2
	D_{nat} (gr/cm³)	1,35	1,32	1,35	1,4	1,25	1,37	1,52
	Porosidad n	0,49	0,47	0,47	0,47	0,52	0,48	0,48
	e_0	0,95	0,89	0,88	0,87	1,09	0,92	0,91
	e_{11}	0,64	0,64	0,66	0,61	0,66	0,689	0,583
	LL (%)	24	24	25	23	25	26	22
	IP (%)	5,5	6,4	2,5	4	9	7,5	5
	% pasa # 200	62	53	69	63	97	64	57
	Sales solubles	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,26	-
	Cohesión c	0,12	0,17	0,25	0,1	0,05	0,07	0,03
	Fricción f	15	12	13	21	18	18	20
	SPT (Prom.)	5	5	4	5	5	4	7
	N. Freático	NO	NO	NO	NO	NO	SI (-4,5 m)	NO
	Prof. Sondeo (m)	16	10	8	10	12	20	12
	Reacción HCl	Moderada	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Débil	Moderada	Moderada

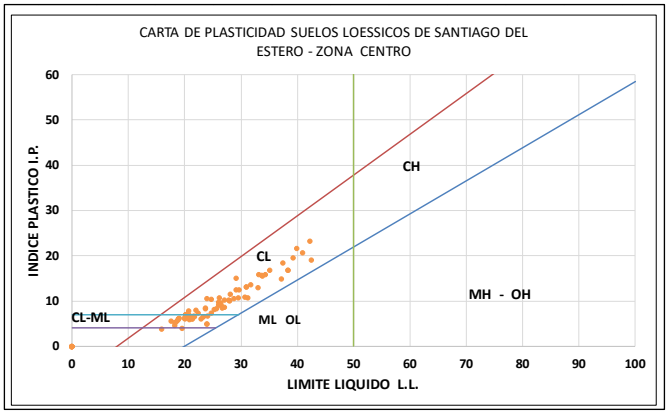


Tabla 1. Características geotécnicas de suelos colapsables en Santiago del Estero con sus representaciones en la carta de plasticidad. Schiava, (2016)

REFERENCIAS

Schiava R., F. Cocco, G. Etse y Schiava R. A. 2009. "Analysis of Failure in Retrograde erosion". River, Coastal and Estuarine Morphodynamics V. 1, 103-110. ISBN 978-0-415-55426-8. CRC Press, Taylor & Francis Group. Balkema. Netherlands.

Schiava R y G.Zarazaga. 2016. "Argentinian collapsibility loess. Characterization and evaluation of constrained modulus". Journal of Geological Resource and Engineering, David Publishing, 7 (2016) 345-351 doi:10.17265/2328-2193/2016.07.004

Rocca R. J., Redolfi E. R., Terzariol R. E., 2005 Características geotécnicas de los loess de Argentina. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. VI (2), 149-166.

Schiava R, y Avila E. 2016 Cárcavas en el sistema Figueroa. Evolución de la erosión. VIII CICES. Cartagena de Indias. Colombia

Skempton, A W, "The colloidal activity of clays". III Congr. Int. Mec. Suelos. Zurich, 1,369-377. 1953

Castellano, J y A Duffau, J Tasso. (2014) Grietas en el suelo y subsuelo de la Provincia de Santiago del Estero Causas probables, corrección y mitigación. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. Santiago del Estero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Santiago del Estero. Primer Congreso Internacional de Gran Chaco Americano Territorio e Innovación EJE 3: Territorio, Ambiente y Desarrollo Santiago del Estero

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN POTENCIAL CIUDAD DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA-BOLIVIA

Faisal Sadud
FASAD ingeniería y servicios SRL.
faisalsadud17@gmail.com

Estudios científicos recientes del sub andino sur de Bolivia han sugerido que a pesar de los bajos niveles de sismicidad moderna e histórica, la liberación de energía acumulada en una cuña orogénica manifestada con el atrapamiento de entre 85 a 100 km de la falla denominada Mandeyapecua de 486 km de longitud generaría un terremoto de > Mw 8,5 *Brooks et al. [2011]*

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra –Bolivia, que ha sido incluida en el estudio de Brooks, está ubicada al este de Bolivia, en la unidad fisiográfica llanura chaco-beniana, colindante con la faja sub andina, ocupando una extensión de 140.000 hectáreas, de topografía semiplana. Está asentada en una cubierta cuaternaria encima de una superficie de formaciones terciarias que se acumularon en espesas secuencias sedimentarias.

Los suelos de las capas superiores, consistentes en depósitos aluviales, eólicos y palustres, en gran porción están constituidos por arenas y limos saturados resultando muy susceptibles a licuefacción, lo que se define como la transformación del material granular del estado sólido al licuado como consecuencia del incremento de las presiones de poro y de la reducción de presiones efectivas debido a esfuerzos que generan vibraciones generadas comúnmente por terremotos.

Con objetivo de evaluar la licuefacción, hemos confeccionado un primer “Mapa de susceptibilidad a la licuefacción de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra”, basándonos en el procedimiento simplificado de Seed and Idriss, 1971; en base a 150 ensayos de SPT con $(N1)60_{cs}$ (Youd et al., 2001) calculando, CRR (Cyclic Resistance Ratio, CSR(Cyclic Stress Ratio) y según Iwasaki et al., 1978;1982 LPI (Liquefaction Potential Index), para cada perfil de SPT. Usando las distribuciones de LPI, calculamos la probabilidad de exceder los valores de LPI de 5 y 15, que tomamos como los límites inferiores de licuefacción "moderada" y "mayor", respectivamente, basados en los resultados de Iwasaki et al. (1982) y Toprak y Holzer (2003).

LAS INUNDACIONES DEL NORESTE DE SALTA DEL VERANO DEL 2018

F. X. Pereyra
DGAA-IGRM, SEGEMAR y Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV). Parque Tecnológico Miguelete. Colectora Provincia Avda. Gral. Paz, 5445, San Martín, Provincia de Buenos Aires.
ferxp2007@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

Durante el verano de 2017-18 tuvieron lugar lluvias extraordinarias en sectores de las Sierras Subandinas en territorio boliviano (por ejemplo en dos días llovió lo equivalente a 3 meses). Como consecuencia de las mismas los cursos fluviales que tienen sus nacientes en esa región vieron incrementados sus caudales en forma considerable. Entre ellos destacan los ríos Pilcomayo y Bermejo. Estos ríos produjeron importantes inundaciones tanto en Argentina como en Bolivia. En particular, el río Pilcomayo provocó inundaciones en el extremo nororiental de la provincia de Salta.

Como consecuencia de las mismas, más de 10000 personas fueron evacuadas o se autoevacuaron en este sector, comprendido entre los 23° y 24°S. La persistencia de los anegamientos implicó que los pobladores no pudieran volver a sus lugares de vivienda por varias semanas, generando importantes problemas sociales y sanitarios en una población esencialmente carenciada compuesta principalmente por pueblos originarios (mayormente de la parcialidad wichi).

Las localidades más afectadas fueron Santa Victoria Este y Santa María, así como numerosos poblados y caseríos. Las rutas y caminos se cortaron en numerosos sectores, especialmente la Ruta Provincial 54 que une la zona de Aguaray-Campo Durán, sobre la Ruta Nacional 54, con el Puente Internacional a Paraguay en Misión La Paz-Pozo Hondo, único camino asfaltado de la región. Asimismo, en sectores del río Bermejo también se produjeron desbordes y anegamientos, especialmente en las cercanías de Rivadavia Banda Sur, afectándose la Ruta Provincial 13, principal vía de comunicación de la zona. Ambas zonas consideradas se localizan el departamento de Rivadavia, que ocupa toda la faja oriental de la Provincia de Salta, con alrededor de 30000 habitantes en total. El pico de crecida alcanzó la zona estudiada lo primeros días de febrero, alcanzando una marca máxima de casi 8 m el río Pilcomayo en la zona de Santa Vitoria Este-Misión La Paz (habitualmente oscila alrededor de los 3 m y los picos más frecuentes rondan los 6 m). Si bien se trata de valores extremos no necesariamente son los mayores históricos.

En la presente contribución se analizan las características que presentaron las inundaciones, su extensión, efectos, impactos y distribución areal en relación a los diferentes componentes del medio físico y social. Asimismo, se plantean algunas acciones a realizar con el objetivo de minimizar los efectos de potenciales futuras inundaciones de la región.

RESULTADOS

La zona estudiada se encuentra localizada en el sector occidental de la Llanura Chaqueña correspondiente al ambiente pedemontano distal de las Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas. Está compuesta en territorio argentino por grandes abanicos aluviales, entre los que destacan los de los ríos Pilcomayo y Bermejo (Iriondo, 1993). El abanico aluvial del río Pilcomayo es el de mayores dimensiones, aunque en la Argentina está limitado al extremo NE de la provincia de Salta, y a la mitad septentrional de la provincia de Formosa. Su ápice se encuentra en cercanías de la localidad boliviana del Villa Montes, a una cota aproximada de 400 m y se extiende en forma de abanico con radio entre 550 y 750 km, y unos 700 km de ancho en su extremo distal, donde alcanza cotas de 60 a 80 m. Su superficie supera los 200.000 km2 y presenta el fenómeno de extinción del cauce por ¨atarquinamiento. Si bien de dimensiones algo menores, el abanico aluvial del río Bermejo también presenta grandes dimensiones. Es característico de estos ríos grandes variaciones de caudal de acuerdo a las oscilaciones climáticas y a las variaciones inter estacionales e interanuales. Estos cursos presentan elevada sinuosidad (si bien con fuertes variaciones lo que indicaría un importante control estructural activo), y hábito dominantemente meandriforme y en ciertos sectores anastomosado (Pereyra et al. 2018).

El clima de la región Chaqueña es variado, predominando el de tipo continental, con lluvias estivales moderadas a escasas. Toda la región chaqueña se ubica dentro de la franja subtropical, con temperaturas que decrecen de norte a sur. Aunque esencialmente cálida (la temperatura media anual varía entre 19° C y 24° C, con máximas de hasta 49° C, medida precisamente dentro del área abarcada en este estudio), puede ser alcanzada por frentes fríos que producen heladas en todo su territorio. Se ubica dentro de una región que va desde un clima semi-árido a semihúmedo, resultante de un gradiente de precipitaciones que va desde unos 650 mm a menos de 500 mm en la zona estudiada. El régimen de lluvias es fuertemente estacional, con más del 80% de las precipitaciones concentradas en el verano (octubre a abril). Esto implica la existencia de una estación seca bien definida, que tiene una duración de hasta siete meses. En el caso de las inundaciones estudiadas, las crecidas se produjeron por lluvias intensas en las nacientes ubicadas en Bolivia, ya que en la zona del subandino de Argentina, si bien las lluvias fueron importantes no se trató de un año extremo ni extraordinario.

Desde el punto de vista geomorfológico, es posible diferenciar varias unidades geomórficas en la zona estudiada: planicies aluviales, paleocauces, fajas de meandros, terrazas y planicies interdistributarias (superficie del abanico que conforman divisorias entre los números cauces que lo disectan) y, finalmente, al oeste el ambiente de la bajada pedemontana actual de Sierras Subandinas. Salvo esta última, el resto de las unidades geomorfológicas se ubican en el ambiente del abanico aluvial del río Pilcomayo a estas latitudes. Los paleocauces y el curso actual forman un patrón distributario que a estas latitudes se dispone en sentido norte-sur. Los bajos y lagunas son frecuentes en la zona y generalmente se trata de meandros abandonados o cauces inactivos. Cuando se producen crecidas, esta densa red aparentemente no funcional se activa, alimentada por los desbordes del río Pilcomayo en la región. En esta zona, los suelos son principalmente Entisoles (Fluventes y Acuentes) y Alfisoles (Acualfes), lo que evidencia el predominio de un régimen ácuico al menos estacional (zonas anegables y con nivel freático elevado). En la zona Pedemontana aparecen los Molisoles, suelos con mayor contenido de materia orgánica y mejor drenados, las texturas son limosas principalmente (al menos en algunos horizontes) lo que implica una permeabilidad baja (INTA, 1990).

Las localidades de la región se ubican en las zonas de paleocauces y en las fajas de meandros. Estos sectores si bien pueden permanecer secos durante la mayor parte del año se activan con facilidad ante aumentos considerables de caudales anegándose con rapidez. Consecuentemente se trata de zonas de elevada peligrosidad, solo inferiores a las planicies aluviales actuales. En el caso de las localidades de Santa Victoria Este y Santa María, la situación fue en parte menos grave, ya que las mismas se encuentran marginadas por unos terraplenes de tierra que las marginan parcialmente. Sin embargo en algunos sectores el agua atravesó parcialmente las defensas anegando parte de las poblaciones.

Las rutas principales se encuentran generalmente elevadas en terraplenes de tierra en las zonas que atraviesan a los paleocauces y en las zonas de fajas de meandros inactivos. Si bien esta situación las protege relativamente, convierten las rutas en diques artificiales que impiden el drenaje. En este sentido la falta de permeabilidad de los caminos (al interceptar del drenaje) es un factor que eleva la posibilidad de anegamientos de la zona comprendida entre el río (por ejemplo notorio en el caso de río Pilcomayo) y la ruta. Precisamente entre Santa María y Santa Victoria Este es en los sectores rurales ubicados en estos sectores donde se produjo la mayor cantidad de afectados y evacuados. Asimismo, los terraplenes al presentar solo escasas alcantarillas y sub dimensionadas, cuando las crecidas son suficientemente grandes se rompen destruyendo las rutas. Así, la Ruta 54 se cortó en numerosos lugares al romperse las alcantarillas, como en la Curvita (cerca de Santa María), en la entrada de Santa Victoria este y en varios lugares entre esta última y Misión La Paz. Asimismo, en la zona sur, la R.P. 13 se cortó entre La Unión y Rivadavia banda Sur. Todos los caminos de tierra secundarios se cortaron en los sectores en los que atravesaban los paleocauces, por lo que las localidades principales permanecieron aisladas durante los picos de crecida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los estudios realizados se concluye que las zonas potencialmente más peligrosas, si se excluye la planicie aluvial del río Pilcomayo para la localización de los pobladores son los paleocauces y fajas de meandros. Precisamente es en ellas donde localiza la mayor parte de la población afectada. En las localidades principales de la zona, las defensas realizadas previamente han sido eficaces hasta cierto punto si bien, la estabilidad estructural de las mismas es dudosa ante crecidas mayores o reiteradas y si el mantenimiento no es exhaustivo. El peligro potencial en ese caso puede ser muy grande ya que si se rompe en algún lado los terraplenes de defensa, e ingreso del agua a los poblados puede ser catastróficos. Debe tenerse en cuenta que durante los picos de crecidas, el nivel del agua circundante al terraplén se ubicaba a más de 2 m por encima del nivel del piso de los poblados. Otro aspecto importante a señalar es la extrema vulnerabilidad de toda la red vial en la zona. Todas las rutas y caminos fueron cortados en algún momento, aislándose los poblados y cortándose el tránsito al Paso Internacional.

En el caso de las dos rutas provinciales (54 y 13), las mismas se encuentran mayormente en terraplén, pero el sistema de alcantarillado es ineficiente, ya que se encuentra mal dispuesto, sub dimensionado y es escaso. Los cortes de ambas rutas se produjeron por colapsos de las alcantarillas ya que las mismas fueron insuficientes al estar mal dimensionadas y el agua las socavo colapsando la ruta ubicada por encima. En tal sentido debería realizarse un mapeo detallado de las posibles vías de drenaje que se activarían ante eventos extraordinarios y realizar puentes en todos esos sectores con la luz adecuada en cada caso. Las alcantarillas además de ser menores a lo necesario en cuanto al flujo que permiten pasar son estructuralmente inestables por lo que deben ser reemplazadas por puentes. En los sectores en los que los caminos se encontraban a nivel del suelo, los caminos fueron cubiertos por el agua y fuertemente erosionados. La presencia de las rutas elevadas hace que ellas actúen como diques, elevando el peligro de inundaciones en las zonas ubicadas aguas arriba de las mismas. En el caso de la RP54, el efecto negativo de la ruta sobre las zonas anegadas fue especialmente notorio en las zonas rurales, aumentando drásticamente la cantidad de evacuados. Finalmente, debe señalarse que la asistencia (tanto provincial, como nacional) a la población evacuada y las condiciones a las que se las expuso en los campamentos de evacuación fueron enormemente deficientes, mostrando improvisación y, lamentablemente en muchos casos, falta de humanidad y desprecio por los afectados. Esta situación fue especialmente notoria en el caso de los pobladores indígenas.

REFERENCIAS

INTA, 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina, Provincia de Salta. Tomo II, págs.285-350.

Iriondo, M., 1993. Geomorphology and late Quaternary of the Chaco (South America). *Geomorphology* 7: *289-303*.

Pereyra, F., P. Boujon, H. Marengo y D. Fernández, 2018. Geomorfología de un Sector de la Región Chaqueña. Serie Contribuciones Técnicas SEGEMAR, en prensa.

RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE LADERAS EN EL COMPLEJO TURÍSTICO DE TERMAS DE FIAMBALÁ DPTO. TINOGASTA. PROVINCIA DE CATAMARCA. REPUBLICA ARGENTINA.

Lorenzo Parra
Universidad nacional de Catamarca
drparra10@hotmail.com.ar

El complejo turístico termas de Fiambalá, se encuentra en la localidad de homónima, dpto., Tinogasta en el faldeo occidental de la sierra de Fiambalá está enclavado en una estrecha quebrada de donde emanan aguas termales con temperaturas que alcanzan los 60 grados Celsius y que en la actualidad se ha convertido en un gran centro de atracción en donde concurren durante todo el año una gran cantidad de turistas.

El complejo cuenta con una infraestructura que consiste de cabañas, salón de usos múltiples sanitarios y playas de estacionamiento, todos en un estrecho margen de 40 metros de ancho por 150 metros de longitud. En esa quebrada se han construidos piletas con distintos grados de temperaturas al modo de cascada, que sigue el curso del agua que baja por la ladera.

El objetivo del trabajo fue analizar los riesgos Geologicos producto del posible deslizamiento de laderas por efecto hídrico o por movimiento sísmicos, teniendo en cuenta dos factores esenciales, el primero es debido a que la roca granítica aguas arriba de la quebrada está muy fracturada con granulometría que oscila entre los 0.20 m y los 5 m3, en donde se alojan grandes bloques que ya se han desplazado por efectos similares. El segundo riesgo es el que se produce a causa de los movimientos sísmicos muy frecuentes en la región, debido a su cercanía a la cordillera de los Andes.

Basado en una metodología de análisis, observación y determinación de las rocas presentes, los sedimentos catastróficos y mediante el uso de herramientas de precisión y geo-referenciación el estudio propone medidas de prevención que deberán adoptar de manera inmediata las autoridades a cargo del Complejo, mediante un protocolo de evacuación. También se ha elaborado una serie de medidas de sujeción de laderas mediante mallas y pernos; un sistema de bancos para sostener el aluvión amenazante y una vía de escape para personas con dificultades motrices que puedan retirarse rápidamente del lugar.-

Tipos De Riesgos

Los riesgos observados en el complejo termal son: Hídricos, sísmicos, volcánicos y antrópicos.

Medición del riesgo según ponderación según categorías: Alta, Moderado y Bajo

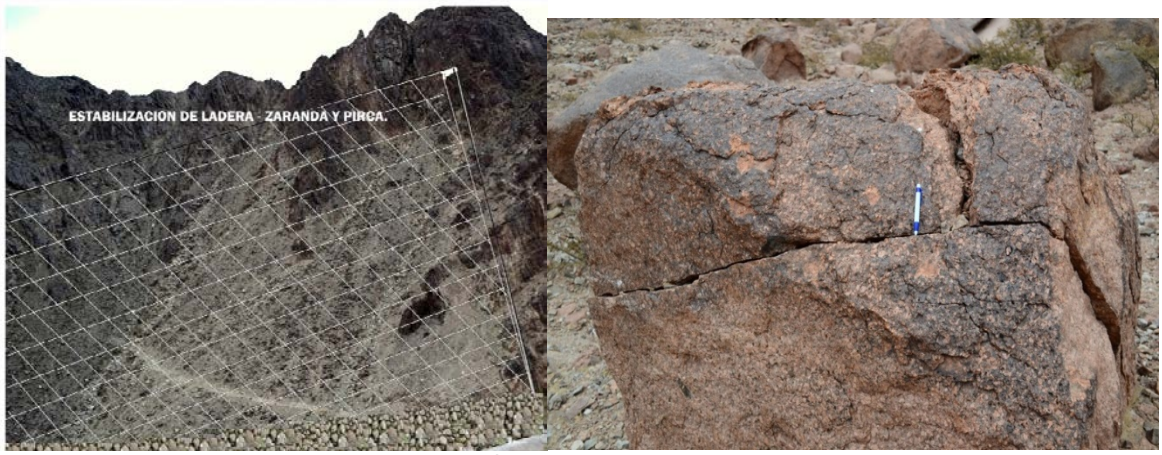
Estimación del deslizamiento de aluvión de piedras y sedimentos que afecta directamente al complejo termal.

Moderado a bajo

Medidas de mitigación y prevención:

1º Interrumpir el desplazamiento del aluvión (alto riesgo) mediante bancos de contención y murallón de retención de materiales.

2º Realizar un murallón de contención y zaranda de retención de material suelto (riesgo moderado y riesgo bajo).
3º Diseño y construcción de rampa de evacuación de aproximadamente 100 m.



Estabilización con zaranda y pirca de piedra

Capacitación sobre riesgos y catástrofes para el personal del lugar.

1º Colocación carteles indicadores de los sectores de riesgo y evacuación.
2º Instalación de luces de emergencias en todos los sectores del predio.
3º Señalizar las vías de escape con pinturas fluorescentes.
4º Llevar un registro de los datos personales de las personar que ingresen diariamente al lugar.
5º Proveer al predio una ambulancia de tiempo permanente.
6º Equipar la enfermería existente para eventos de tipo catastróficos.

Conclusiones

- ✓ El complejo termas de Fiambalá se encuentra en una estrecha quebrada formada en rocas graníticas meteorizadas y esquistos fracturados.
- ✓ Los riesgos del sector son naturales y antrópicos.
- ✓ Se determinaron tres categorías de riesgo: alto, moderado y bajo.
- ✓ Se establece una alta La peligrosidad (P) es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno.
- ✓ Alta exposición (E) es el número total de personas o bienes sometidos a un determinado riesgo.
- ✓ Alta vulnerabilidad (V) representa el porcentaje, respecto al total expuesto, de víctimas mortales o de pérdidas de bienes materiales provocadas por un determinado evento.
- ✓ El volumen de material a desplazarse es de 80.000 metros cúbicos de aluvión y material suelto.
- ✓ Se propone un protocolo de evacuación y vía de escape ante un evento catastrófico.

DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE SUELOS DE UNA REGIÓN ÁRIDA Y SU IMPACTO EN LAS PROPIEDADES DE INFILTRACIÓN

Ocaña Emmanuel* y Suvires Graciela
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina (CIGEOBIO-CONICET-UNSJ). Instituto de Geología. Universidad Nacional de San Juan. Argentina. Avda. Ignacio de la Roza 590 oeste, Rivadavia. J 5400 San Juan. Argentina.
**emma_geol@hotmail.com*

Se analizan dos sectores de la provincia de San Juan. uno correspondiente al sur de la sierra de Villicum (542000 m E – 6527000 m S, 750 msnm; zona I, Figura 1) y el otro al sur de la sierra Pie de Palo (593000 m E – 6488000 m S, 830 msnm; zona II, Figura 1). El objetivo de este trabajo es conocer los horizontes vesiculares desarrollados sobre piedemontes y su relación con la infiltración y escurrimiento superficial. La depresión tectónica de Tulum se encuentra limitada al oeste por las sierras de Precordillera Oriental y por el este, las sierras Pampenas Occidentales y depresión del Bermejo, entre los 560 y 3100 msnm. Estas depresiones tectónicas plio-pleistocenas están rellenas de cientos a miles de metros de sedimentos cuaternarios sobre rocas de edad neógenas o paleozoicas. Las precipitaciones son muy escasas, totalizando en promedio unos 100 mm/año, las precipitaciones se dan con alta intensidad, ocasionando grandes crecientes en poco tiempo, totalizando en promedio unos 100 mm/año. Registra una temperatura media en el Valle de Tulum de 17,5ºC (Estación INTA. Pocito), siendo la máxima y mínima absoluta de 45ºC y -6,8ºC, respectivamente.

Un aluvión es un flujo concentrado de agua y detritos que se mueve a gran velocidad, debido a que son repentino, en ocasiones son desastrosos. Son consecuencia de precipitaciones extraordinarias de forma tal que la superficie de la cuenca no soporta este exceso de agua y comienza a escurrir por sobre la superficie en forma de aluviones, generando daños sobre las personas y sus pertenecías, obras viales, puentes, entre otros.

Para llevar a cabo el análisis de los suelos y ensayo de infiltración, se seleccionaron unidades geomorfológicas de distintas edades relativas con materiales genéticamente diferentes y se eligieron distintas áreas de depósitos no consolidados. En cada una de las dos zonas elegidas (I y II, Figura 1), se realizaron las descripciones de las cubiertas detríticas teniendo en cuenta; distribución, tamaño, forma y porcentaje de la cubierta de barniz del desierto de los fragmentos rocosos, y presencia de vegetación. Posteriormente se hicieron las descripciones de perfiles de suelos (metodología de Schoeneberger et. al, 2012) de los primeros 50 cm. A cada uno de los horizontes Av de los perfiles de suelos se realizó el conteo y descripción de vesículas a través del programa ImageJ (Figura 2), con excepción del perfil 4 ubicado sobre el glacis cubierto de Pie de Palo en donde no se encontró dicho horizonte.

Para determinar la profundidad de infiltración de agua en estos suelos se efectuaron ensayos de simulación de lluvia, usando una cantidad estándar de 8 litros de agua, los que se esparcieron en un área de 0.20 m^2. El tiempo cero es el instante en el cual se comienza el ensayo y en ninguno de los casos el tiempo de vertido de agua supera los 3 minutos. Posteriormente se mide el área mojada superficial y se toma el tiempo cuando el agua de la superficie se infiltra en su totalidad quedando sin charcos. Finalmente, una vez transcurridos 10 minutos se verifica cual fue la profundidad de infiltración en el suelo.

En los suelos de las dos zonas de estudio, la iluviación favoreció el desarrollo de horizontes B con estructuras blocosas y prismáticas, moderadas y fuertes. Los perfiles de suelos cerca de la superficie muestran un predominio de material arenoso fino a limoso de colores pardos-rosados, inmediatamente por debajo del pavimento, aumentando las texturas cuando aumenta la profundidad. Es una arena fina a limo sin rasgos pedogenéticos, dejada por el viento y atrapada inmediatamente debajo de los pavimentos. En los perfiles de suelos de ambas zonas de estudio, entre los 30-40 cm de profundidad, aparecen concreciones, manchas o cementaciones de carbonatos y en ocasiones yeso como en Pie de Palo. El horizonte vesicular (Av) se ubica inmediatamente debajo del pavimento del desierto, las vesículas de estos horizontes no están conectadas, tienen en sus paredes rasgos de iluviación argílica y sus formas son esféricas o cilíndricas. En un corte vertical algunas semejan ser vasijas de diámetro máximo de 6 mm de ancho. La mayoría están vacías, solo algunas están ocupadas por sales (Suvires et al, 2017) Lo más importante en cuanto a su impacto en las propiedades hidráulicas es su falta de conectividad y la película o argilan que recubre sus paredes, aumentando su resistencia a la desagregación por humedad en el tiempo.

En la zona I, los perfiles de suelos S1 y S2 muestran diferencias significativas en cuanto al espesor del horizonte vesicular. Para el caso de S1 ubicado en un ambiente más antiguo e inactivo, el Av alcanza 1,5 cm de espesor, mientras que en la unidad más actual y sujeta a los procesos actuales eólicos, el Av alcanza los 2 cm de espesor. Por su parte el perfil S3, localizado en el nivel de abanico aluvial activo, muestran que el horizonte Av alcanza un máximo de 4 cm. Mientras que el perfil S4 ubicado en el nivel más alto, inactivo y abandonado de los abanicos aluviales, no presenta desarrollo de Av.

Estas diferencias en la presencia o en el espesor del Av, en unidades de relieves de diferentes edades, muy probablemente se deba a un mayor tiempo de edafogénesis y destrucción u ocupación por iluviación de las vesículas, esta hipótesis sigue siendo investigada. Muchas vesículas a través del tiempo fueron ocupadas por sales como en S4. Ellas fueron rellenadas por la precipitación de sulfatos (Aridisoles). S1, S2 y S3 son Entisoles, en donde los horizontes superficiales presentan alto porcentajes de limo, pero en profundidad aumenta considerablemente el porcentaje de arena.

Muchas veces este alto porcentaje en limo se debe a la adición de arena por impacto eólico. En estos tres perfiles el alto porcentaje de arena fina podría indicar procesos pedogenéticos débiles a lo largo del tiempo, con escasa participación de materia orgánica, con alta participación de dos procesos: translocación y trasiego.

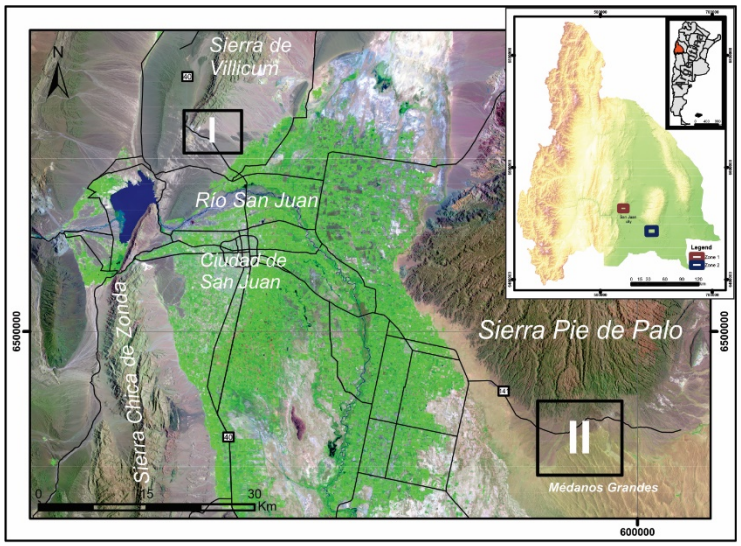


Figura 1: Ubicación de las áreas de estudio. I: Zona Villicum. II: zona Pie de Palo

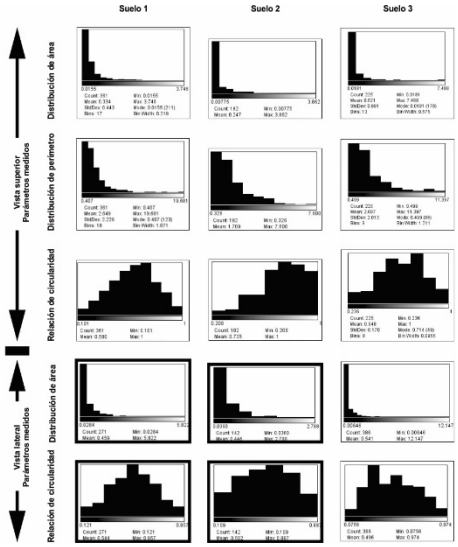


Figura 2: Estadística de parámetros medidos en vista superior y lateral

Los agregados Av que poseen mayor cantidad de vesículas y circularidad en la grilla de 200 mm^2 corresponden al perfil de suelos del Piedemonte de la sierra de Villicum. Además, este posee la mayor cantidad de clastos y los agregados se rompen en tamaños más pequeños que los demás. Le siguen en cantidad de vesículas los agregados de suelos del antiguo abanico del río Yaquín, y el que menor cantidad posee por grilla son los agregados de los abanicos pedemontanos de la sierra de Pie de Palo, sin embargo, este último presenta las vesículas de mayor tamaño.

En los suelos de la zona I, las vesículas son más numerosas, pero de menor tamaño que las existentes en el suelo S3 de la zona II. Los suelos de esta última zona de Pie de Palo se ubican próximos al avance de las dunas desde el sur, mientras que en Villicum, las circulaciones de los vientos varían entre la noche y el día.

La infiltración es baja en aquellos lugares en donde el porcentaje de arcilla es alto (20%), como sucede en el abanico antiguo del río Yaquín. La mayor superficie o área mojada obtenida en los ensayos correspondió a los 3´50" con un valor de 3,3 m^2, perteneciente a S4. Seguida por S1 con 1,4 m^2, en S3 se registró una superficie mojada de 1,1 m^2 y finalmente S2 fue el sitio en donde se midió la menor área mojada de 0,8 m^2.

Se concluye que los valores que la profundidad de infiltración de agua en estos suelos está en relación directa con la actividad y menor edad del ambiente geomorfológico. Los suelos ubicados en unidades activas y recientes tienen valores más altos que los ubicados en depósitos antiguos e inactivos. En el piedemonte de la sierra de Villicum (S2), las vesículas de los peds de los horizontes de suelos poseen la menor área media (0,24) y mayor relación de circularidad (0,73) y vesículas/área total (0,32), son aquellos en donde se produce la mayor infiltración (4 cm) a través del perfil de suelos, contienen bajo porcentaje de arcillas (11%) y alta proporción de limos (61%). Las vesículas de los peds del antiguo abanico aluvial del río Yaquín (S1) son los que muestran menor circularidad (0,58) y cantidad de arenas (30%) y los que mayor porcentaje de arcillas poseen (20), es aquí en donde se da una de las menores profundidad de infiltración (1 cm). Los abanicos aluviales de Pie de Palo (S3) son aquellos en donde se encontró el mayor espesor de Av, y en donde las vesículas tienen mayor área media (0,52) y menor relación vesículas/área (0,16). Los niveles aluviales inactivos del piedemonte de Pie de Palo (S4) no presenta horizonte vesicular.

REFERENCIAS

ANDERSON, K., WELLS, S., GRAHAM, R., 2002. Pedogenesis of vesicular horizons, Cima Volcanic Field, Mojave Desert, California. Soil Science Society American Journal, Vol. 66: 878–887.

SCHOENEBERGER, P.J., D.A. WYSOCKI, E.C. BENHAM, AND SOIL SURVEY STAFF., 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

SUVIRES, G., RODRÍGUEZ, A. Y OCAÑA, R., 2017. Relieve, suelos y pavimentos: Sistema de mosaicos naturales del desierto Sanjuanino. Revista Ojo del Cóndor, Vol. 8: 18-21.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RIESGO ASOCIADO DE LOS TALUDES DE LA AUTOVÍA LOS PUQUIOS, PROVINCIA DE SAN LUIS

Facundo M. Gómez y Daniel A. Sales

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
fakugomez2011@gmail.com, sales@unsl.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se analizan las condiciones de estabilidad de los taludes de precorte, situados a ambas márgenes de la autovía Los Puquios, localizada en el extremo sur de las sierra de San Luis (Figura 1a).

Los afloramientos están conformados por rocas del basamento cristalino, compuestas por metamorfitas correspondientes a esquistos con metacuarcitas (Precámbrico – Paleozoico Inferior) y granitoides (devónicos), afectados principalmente por fallas extensionales con dirección NO-SE, que al interaccionar con otros sistemas de fracturas, generan un elevado grado de disgregación mecánica, provocando condiciones de inestabilidad en los cortes del macizo, principalmente en zonas de cizalla frágil. Completan los taludes de la traza vial aquellos desarrollados en sedimentitas neógenas, representadas por areniscas rojizas y conglomerados grisáceos denominados Formación San Roque y Formación Cruz de Piedra, respectivamente.

Para el análisis se seleccionaron cuatro taludes, de un total de 25, siendo aquellos los que concentran la mayor amenaza de caída de rocas y deslizamiento, provocados por rotura planar (Rp), en cuña (Rc) y vuelco (Rv) (Figuras 1b y 1c).

Para el análisis de estabilidad, se definieron los parámetros resistentes del macizo, donde fueron considerados los valores de cohesión (c) entre 0 y 1 t/m^2, según lo propuesto por ADIF (2006), y el ángulo de rozamiento interno (φ), estimado según el índice RMR (Bieniawski, 1979). Se tuvo en cuenta también la geometría de los taludes (H: altura máxima y α: ángulo máximo de inclinación), la densidad promedio de las rocas (2,6 g/cm^3), y las condiciones geomecánicas del macizo.

En la determinación del factor de seguridad de los taludes (FS), se utilizó el *software* Rocscience (2013), para condiciones del macizo sin humedad y sin cargas externas (Tabla 1). Para este trabajo se calcula el FS para movimientos de tipo traslacional y no por vuelco, donde solo se reconoce la existencia de este tipo de rotura.

Con el programa RocFall se realizó la simulación de caída de rocas, con el propósito de comprobar si los bloques desprendidos del macizo pueden o no llegar hasta la calzada, pudiendo provocar daños materiales y/o a los transeúntes. A partir del análisis del grado de peligrosidad (P) y vulnerabilidad (V) por caída de rocas y/o deslizamientos, se propone determinar cualitativamente el riesgo específico (R.E.) para cada uno de los taludes seleccionados.

Según lo expuesto en la tabla 1, se puede observar que los taludes se encuentran en algunos sectores inestables para las condiciones planteadas, siempre teniendo en cuenta que no se consideran eventos pluviométricos que llevarían a condiciones de riesgo de deslizamientos por aumento de la presión intersticial dentro del macizo, o por sismicidad, lo cual llevaría a una importante reducción del FS.

El riesgo de caída de rocas resultante, varía de bajo a alto, siendo los taludes T2 y T4 los que presentan un mayor riesgo específico. Para el Talud T4 se pueden observar las orientaciones de las principales discontinuidades, que generan rotura planar y en cuña (Figura 1d). La Figura 1e muestra el modelado de la rotura planar, mientras que la Figura 1f muestra la condición de inestabilidad para la rotura por vuelco.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (ADIF), MADRID, 2006. Proyecto básico de plataforma. Línea de alta velocidad Madrid - Extremadura. Talayuela - Cáceres. Ramal de conexión al norte de Cáceres. Anejo N°8 – Geotecnia. Página 14.

BIENIAWSKI, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications.2º Int. Congress on Rock Mechanics, vol. II.Suiza.

ROCSCIENCE IND., 2013. www.rocscience.com

Talud	H (m)	α (°)	c (t/m^2)	φ (°)	Tipo de Rotura	F.S	P	V	R.E.
T1	7	80	0	35	Rc	Rc: 0,68	Baja	Baja	Bajo
T2	8	60	0	33	Rp – Rc Rv	Rp: 0,62 Rc: 0,63 Rv: Inestable	Alta	Media	Medio
T3	9	70	0,1	28	Rp – Rc	Rp: 0,70 Rc: 0,94	Baja	Media	Medio
T4	3	70	0	31	Rp – Rc	Rp: 0,56 Rc: 0,79	Alta	Media	Medio a Alto

Tabla 1: Principales características geométricas, tipos de rotura y el factor de seguridad para cada talud, en donde también se ha definido el riesgo especifico en función a la peligrosidad y vulnerabilidad.

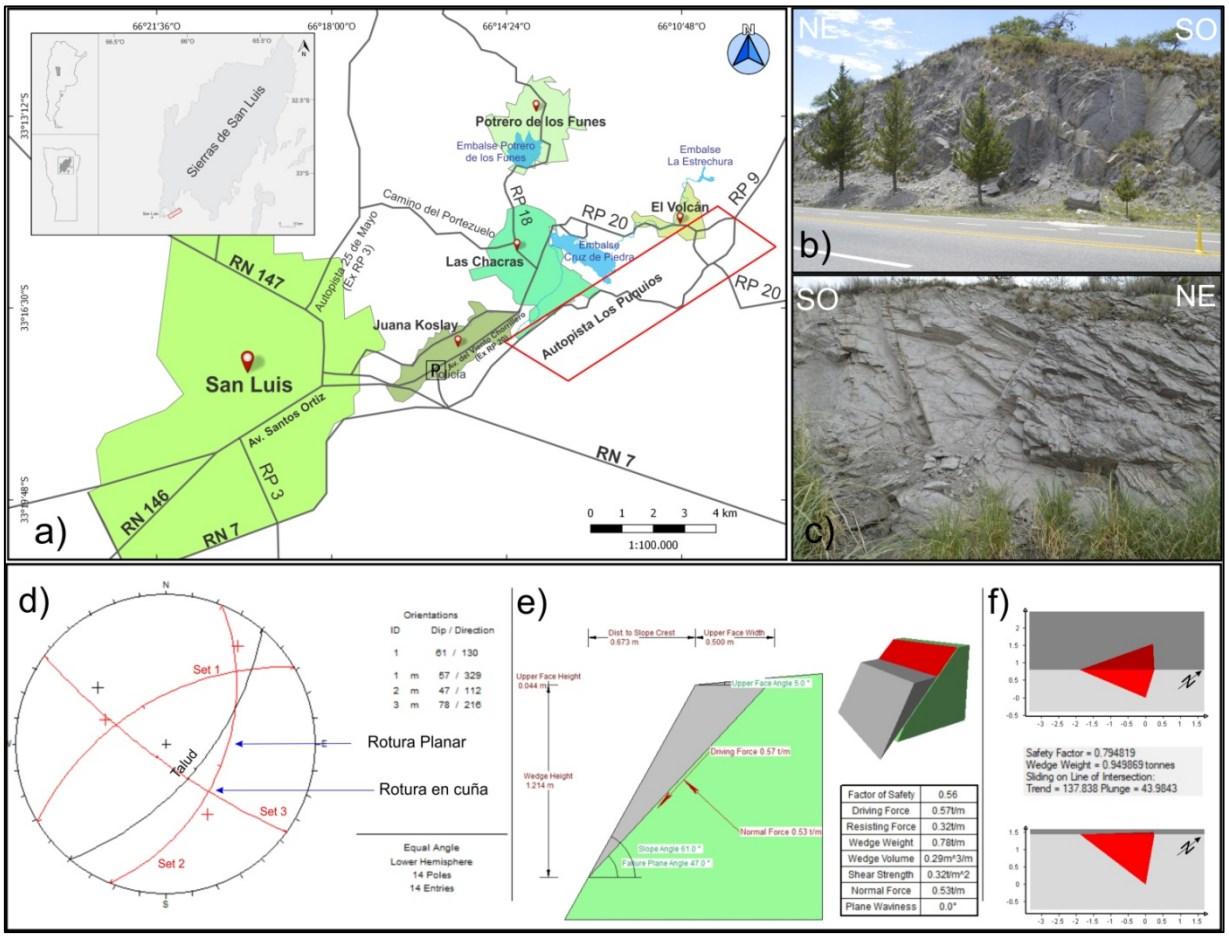


Figura 1: a) Mapa de Ubicación de la zona de estudio. **b)** Vista panorámica del Talud T2. **c)** Vista panorámica del Talud T4. **d)** Traza ciclográfica del Talud T4, en donde se pueden distinguir las roturas de tipo planar (Set 2) y en cuña (Sets 2 y 3); para la rotura por vuelco no se cumplen las condiciones (90 - δ) < (α - φ). **e)** Análisis de estabilidad por rotura planar para el Talud T4 y su respectivo FS. **f)** Análisis por rotura en cuña para el Talud T4 y su respectivo FS.

LA TÉCNICA DEL COCIENTE ESPECTRAL H/V COMO HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURAS CIEGAS

E. Giolo, F. Calderón, C. Frau, S. Pagano, F. Luján, A. Cueto y S. Panella.
CeReDeTeC, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
cdfrau@frm.utn.edu.ar

El mapeo de fallas u otras estructuras resulta de gran interés tanto en el campo de la geología como en la ingeniería. Un gran número de estructuras ya conocidas han sido y son actualmente motivo de estudios que van profundizando el conocimiento de las mismas. Sin embargo, es aceptado por la comunidad científica que la existencia de estructuras ciegas o no aflorantes no siempre pueden ser identificadas mediante las técnicas usuales de análisis del terreno.

En el presente trabajo se muestra la técnica del cociente espectral H/V aplicado a vibraciones ambientales que permite identificar o sospechar la presencia de estructuras sin expresión morfológica o indicios geológicos en superficie. Esta información de obtención expeditiva puede ayudar a direccionar estudios confirmatorios más específicos en superficie o en subsuelo.

El trabajo describe la técnica y sus fundamentos, a la vez que se presenta un caso de estudio en la Ciudad de Mendoza. Se concluye que dada la sencillez y economía que presenta esta técnica puede ser de ayuda en investigaciones preliminares de campo.

ALUVIÓN DE VILLA SANTA LUCÍA 16.12.17. TRABAJO INTERDISCIPLINARIO EN LA EMERGENCIA Y COMUNICACIÓN A LA COMUNIDAD.

Natalia Garrido*[1], Paul Duhart*[2], Violchen Sepúlveda*[3], Javier Fernández*[4], Gonzalo Hermosilla*[5], Mauricio Mella*[6], David Quiroz*[7], Hugo Moreno*[8].

Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, Chile.

*[1]natalia.garrido@sernageomin.cl, *[2]paul.duhart@sernageomin.cl, *[3]violchen.sepulveda@sernageomin.cl, *[4]javier.fernandez@sernageomin.cl, *[5]gonzalo.hermosilla@sernageomin.cl, *[6] mauricio.mella@sernageomin.cl, *[7]david.quiroz@sernageomin.cl, *[8]hugo.moreno@sernageomin.cl*

El día 16 de diciembre de 2017, producto de un frente de precipitaciones intensas tras una ola de calor, en un año donde en la Región de Los Lagos se ha presentó un importante superávit de precipitaciones, constituyendo así una condición saturada de los suelos favorables a la ocurrencia de remociones en masa, presentando al día del evento un total de 3.650 mm acumulados, con precipitaciones que alcanzaron 120 mm en 24 hrs, con una isoterma 0°C sobre los 2.500 m.s.n.m., generando un deslizamiento de roca que desencadenó un flujo de detritos y barro (conocido localmente como aluvión) el que movilizó alrededor de 7 millones de metros cúbicos en un trayecto de 8 kilómetros. Como efecto directo del aluvión resultó destruida cerca del 50% de Villa Santa Lucía, dejando un saldo de 21 víctimas fatales y 1 desaparecido; se generó el corte de la ruta 7, que conecta vía terrestre la Patagonia chilena, por al menos dos meses, el corte de la ruta CH-235, que conecta hacia las comunas de Futaleufú y Palena; el corte de suministros básicos y la evacuación de Villa Santa Lucía (Figura 1).

Figura 1: Depósito de flujo de detritos y lodo sobre parte de Villa Santa Lucía, en el extremo superior derecho se distingue área de generación de remoción en masa.

Desde la ocurrencia de la emergencia se inició el trabajo de búsqueda y rescate de los fallecidos, extendiéndose al menos, hasta el mes de abril de 2018. Fecha de presentación de este trabajo. Este trabajo ha estado bajo el mando de la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), con colaboración de las Fuerzas Armadas y de Orden Público: Ejercito de Chile, Fuerza Aérea de Chile, Policía de Investigaciones (PDI) y Carabineros; equipos de rescate: Grupos USAR de Osorno, La Serena, Santiago, Viña del Mar, Concepción, Temuco, Cuerpo de Bomberos de Coyhaique, Aysén, Chiloé, Chaitén, Ayacara, Chile Chico, Guadal, Villa Santa Lucía, Brigada de Rescate TOPOS Chile, Parme de Ejército, GOPE, Red de Apoyo de Emergencias Mineras (RAEM) de Valparaíso y unidades caninas de Carabineros y PDI; Servicios Públicos: Municipio de Chaitén, Gobernación de Palena, Intendencia de Los Lagos, Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Vialidad, SEREMI de Salud, Equipo de Salud Municipal, Equipo de Salud Mental, SEREMI de Vivienda, en forma permanente en la zona, y en forma esporádica Instituto Nacional de Hidráulica, Centro de Estudios Científicos (CECs), Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC), entre otros.

Sernageomin desarrolló un sistema de turnos para mantener profesionales geólogos en terreno con el objetivo de entregar soporte técnico a ONEMI en la emergencia, este trabajo incluyó la realización de sobrevuelos en helicópteros de la Fuerza Aérea, en conjunto con equipos de DOH y USAR, inspección de los efectos del aluvión en terreno, inspección a sitios propuestos para la reconstrucción y para la instalación de la escuela transitoria, inspección de sitios de botadero de material, difusión a las autoridades locales, regionales y nacionales en sus visitas a Villa Santa Lucía, difusión a la comunidad respecto a las características del aluvión, factores condicionantes y desencadenantes, y al peligro del área de Villa Santa Lucía y la entrega de información de actualización en las 3 reuniones diarias (7:30; 12:30 y 18:00 hrs.) realizadas en la carpa de comando central.

Figura 2: Presentación a la comunidad de Villa Santa Lucía 21 de enero 2018

Esta emergencia marca un antecedente en Chile respecto a emergencias anteriores, en cuanto dadas las características geográficas del sector y las labores de rescate de las víctimas desaparecidas, el equipo de Sernageomin en terreno fue responsable de entregar orientaciones sobre las direcciones del flujo para focalizar los equipos de búsqueda según el posicionamiento de las víctimas obtenidas a partir de relatos de testigos y reconstrucción de sus rutinas. Por otro lado mediante sobrevuelos a la zona de generación de la remoción en masa, se monitoreó visualmente los bloques inestables, el desarrollo de grietas y la evolución de las lagunas formadas por la remoción en masa, esto con el objetivo de garantizar la seguridad de los equipos de búsqueda desplegados en terreno.

Así durante los días posteriores al aluvión, debido a que la estación meteorológica en línea fue destruida por el aluvión, para el registro de precipitaciones local se instaló un sistema de pluviómetros ciudadanos aportados por la DGA, los días 28 y 29 de diciembre ingresó un sistema frontal, que dejó un saldo de 134,3 mm caídos en 48 h y amenazó con el desborde del río hacia el poblado de Villa Santa Lucía. Durante esos días se restringieron las labores de búsqueda del sector del río y se focalizaron en el área urbana, distante del área del río. Afortunadamente, a la fecha los desbordes del río Burritos no han afectado la Villa, debido a la existencia de un sistema de zanjas de drenaje que han contenido los desbordes.

En conjunto con los equipos desplegados en terreno de la DOH regiones de Los Lagos y Aysén, se procedió a realizar reconocimiento de los cambios morfológicos en la zona del río producto del aluvión, identificando la formación de una empalizada y la migración del cauce por colmatación del lecho original con los depósitos del aluvión.

En cuanto a la difusión a la comunidad, se ha realizado este trabajo en conjunto con el equipo de Salud Mental, quienes han identificado la necesidad de la comunidad de tener información de primera fuente que resuelva dudas e inquietudes respecto al evento y a los potenciales peligros en Villa Santa Lucía, de manera que los pobladores puedan tomar decisiones informadas respecto a su permanencia en la zona. Para esto se han realizado charlas (Figuras 2 y 3) donde se han mostrado fotografías y videos del aluvión y sus impactos, llegando así a una población estimada de 100 personas.

Figura 3: Presentación a la comunidad de Villa Santa Lucía 20 de Marzo de 2018.

Para apoyar la divulgación de la información también se están preparando materiales gráficos, poster y díptico que, entregando información de las características del aluvión, también informe a la comunidad sobre los peligros a los que se encuentran expuestos y entregue orientaciones para el uso del territorio.

El objetivo de presentar este trabajo en el 1° Congreso Argentino de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente es compartir las experiencias adquiridas en el desarrollo de esta emergencia, con énfasis en la importancia

del trabajo interdisciplinario como parte de la geología aplicada y en la comunicación a la comunidad expuesta a peligros geológicos.

Referencias

Garrido, N.; Mella, M.; Fernandez, J.; Sepúlveda, V.; Quiroz, D.; Hermosilla, G.; Moreno, H.; Duhart, P. INF-X-01.2018. Origen y efectos de la remoción en masa del 16.12.2017 que afectó la localidad de Villa Santa Lucía, Comuna de Chaitén, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico, 57 p.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RIESGO ASOCIADO DE LOS TALUDES EN EL CIRCUITO DEL DIQUE NOGOLI, PROVINCIA DE SAN LUIS

Carlos Gardini [(2)], Ana Vinuesa[(1)] y Daniel Sales [(2)]

(1) Ministerio de Medio Ambiente Campo y Producción. Programa Gestión Ambiental .Terrazas del Portezuelo, 5700, San Luis.
avinuesa@gmail.com

(2) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de San Luis (UNSL). Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis.
gardinicarlos@gmail.com

En este trabajo, se realiza el análisis de estabilidad de los taludes que bordean el camino del perilago, del dique de Nogolí, distante a 41 Km al norte de la ciudad Capital, en el frente de levantamiento neotectónico de la sierra de San Luis. Los Taludes se han desarrollados en rocas metamórficas y graníticas, que componen el basamento cristalino del macizo serrano en esta zona de estudio.

El estudio comprende el análisis de estabilidad por rotura plana y en cuña, mediante el uso de los ábacos de Hoek y Bray (1977), de 4 taludes seleccionados de un total de 24 taludes, por ser aquellos que concentran la mayor amenaza de desprendimiento y deslizamiento (Tabla 1).

A partir de las características geomecánicas, de la geometría de los cortes, los parámetros resistentes estimados a partir del índice RMR sin corregir (Bieniawski, 1977), la dirección de su cara libre y de las estructuras del macizo que generan mayor inestabilidad, se determina su factor de seguridad.

En el presente trabajo, no se consideran el análisis de estabilidad por vuelco.

Por último, se determinó mediante un análisis cualitativo, el grado de peligrosidad y de vulnerabilidad de cada talud y el correspondiente riesgo específico (R.E.), por caída de rocas y/o deslizamientos en cada sector.

Talud	Geometría	Tipo de Rotura	Factor de Seguridad	Riesgo Específico
N°7	x= 82 m y α= 281º-305º/74º NE	Cuña	1,13	Moderado a alto
N° 8	x= 65 m y α= 355º/62ºNE	Planar	0,43	Alto
		Cuña	0,85	
N° 17	x= 110 m y α= 292º/79º NE	Planar	0,25	Alto
		Cuña	0,33	
N° 27	x= 150 m y α= 46º-75º/58º-75º	Planar	1,27	Moderado
		Cuña	1,04	

Tabla 1: Principales características geométricas, tipos de roturas reconocidas y el factor de seguridad calculados a partir de los ábacos de Hoek y Bray (1977), además de definir cualitativamente el riesgo específico por caída de rocas y/o deslizamientos.

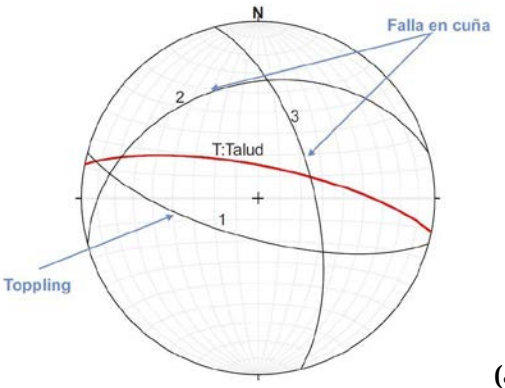
Los principales procesos de remoción en masa varían de acuerdo al tipo de roca. En el basamento cristalino se producen roturas en cuña, planar y en menor proporción por vuelco que generan deslizamientos y caídas de bloques.

El análisis cualitativo del riesgo geológico por caída de rocas en las márgenes del camino del perilago, varía de “moderado” a “alto”, debido a las características geomecánicas y geométricas de los taludes, en los que no existen medidas mitigatorias implementadas.

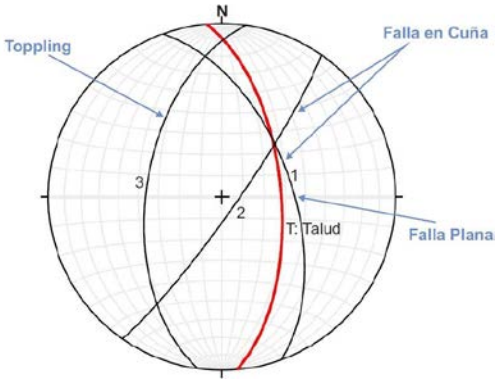
REFERENCIAS

BIENIAWSKI, Z.T., 1979. The geomechanics classification in rock engineering aplications. 4 th International Conference on Rock Mechanics. Montreaux, 2: 41 – 48.

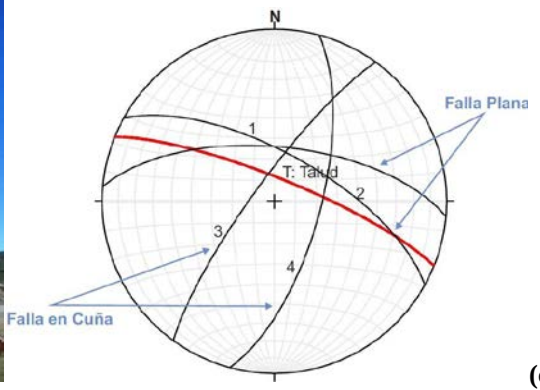
HOEK, E y BRAY, J. W., 1977. *Rock Slope Engineering. The Institution of Minningand Metallurgy*, Londres.



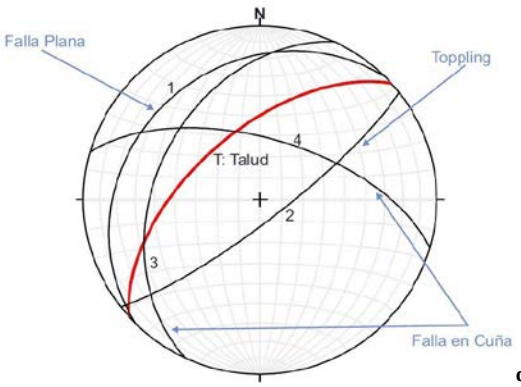
(a) Talud Nº 7



(b) Talud Nº 8



(c) Talud Nº 17



d) Talud Nº 27

Figura 1: Imágenes de los taludes analizados y su representación estereográfica: **a)** Talud N°7, **b)** Talud N°8, **c)** Talud N°17, **d)** Talud Nº 27

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RIESGO ASOCIADO DE LOS TALUDES DE PRECORTE DEL CIRCUITO POTRERO DE LOS FUNES, PROVINCIA DE SAN LUIS

Carlos H. Farioli Pereira y Daniel A. Sales

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis
sales@unsl.edu.ar, chfarioli@gmail.com

Se analizan las condiciones de estabilidad de los taludes de precorte diseñados en rocas graníticas, situados en el sector sur del circuito internacional semipermanente de Potrero de los Funes, que bordea al lago homónimo,en el extremo austral de la sierra de San Luis.

La litología del área de estudio, está compuesta principalmente por el Plutón granítico El Volcán (GEV) y la Tonalita Potrero de los Funes (TPF) de edad Paleozoica inferior (Morosini, 2011), y por rocas sedimentarias conformadas de areniscas y fanglomerados neógenos. Este macizo, es afectado por un sistema de fallas extensionales con rumbo NO-SE e inclinación al noreste, que dieron origen a la depresión tectónica del sitio de estudio (Cortés y Costa, 1992; Costa 1992) y que interactúa con sistemas de fallas secundarias y diaclasas. Estos taludes han sido caracterizados y clasificados geomecánicamente por Farioli y Sales (2014).

El análisis de estabilidad, se realizó a través del software Rocsciences Ind. (2013), donde se seleccionaron cuatro taludes de un total de 15, dado que concentran la mayor amenaza de desprendimientos y deslizamientos por rotura planar (rP), en cuña (rC) y vuelco (rV). (Figuras 1 y 2).

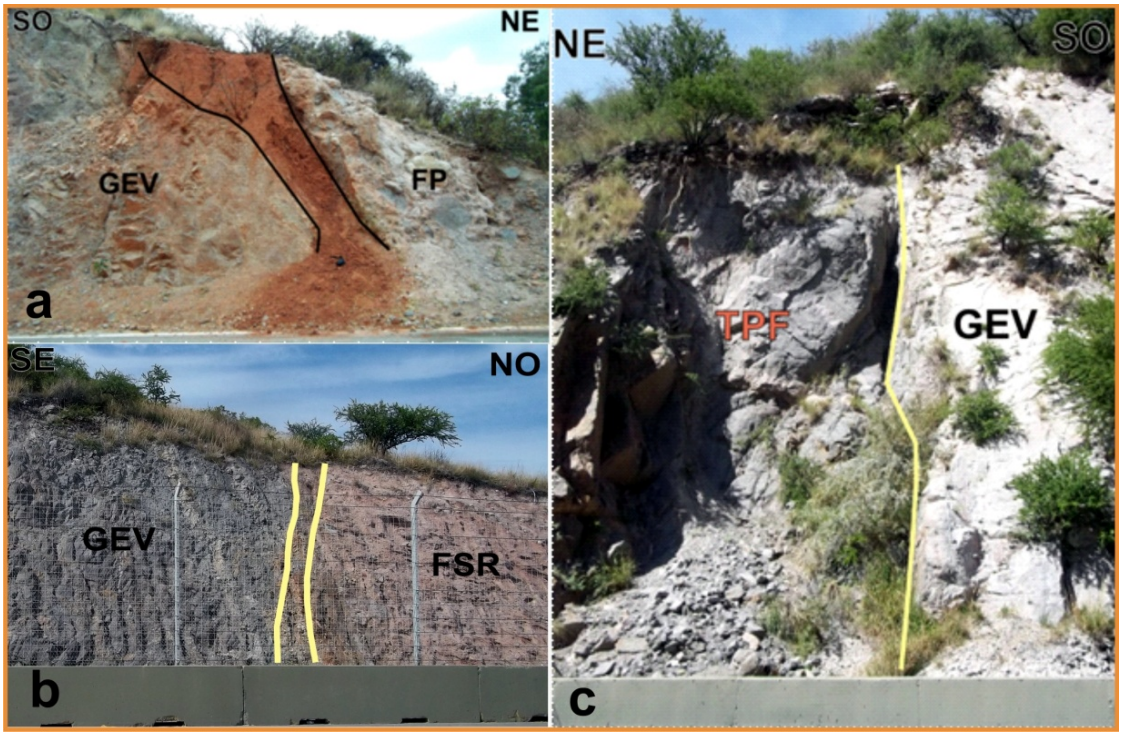


Figura 1: Límites y contactos del Plutón granítico El Volcán (GEV): **a)** en el talud N°1, por falla normal con el Fanglomerado Potrero de los Funes (FP); **b)** en el talud N°2, mediante faja de cizalla con las areniscas de la Fm San Roque (FSR); **c)** en el talud N°4, en contacto neto con la Tonalita Potrero de los Funes (TPF)

Para tal sentido, se definieron valores de los parámetros resistentes del macizo en situación de inestabilidad, considerando la cohesión (c)= 0 tn/m^2, debido a la existencia de planos de fracturas abiertas a muy abiertas, y el ángulo de rozamiento interno (φ= 33°), que surge de utilizar el promedio general que presenta este tipo de roca, según Barton y Choubey (1977). A partir de los parámetros resistentes, el peso unitario promedio de las rocas (PU= 2,6Tn/m^3) y de la geometría de los taludes (H: altura promedio y α: ángulo promedio de inclinación), se determinaron los factores de seguridad (FS) para condiciones con humedad del macizo, mediante el uso del software Rocscience Ind. (2013), tal como se describe en la tabla 1. En la tabla, se describen los principales set de fracturas que pudieran generar inestabilidad (Fr), a partir de la corrección de Terzaghi. En el presente trabajo, no se consideran el análisis de estabilidad por vuelco, solamente reconocer la existencia de este tipo de rotura.

Con el uso del programa RocFall, se modeló las probabilidades de que los bloques rocosos lleguen a la calzada vial, considerando las medidas mitigadoras aplicadas (muro, malla) (Figuras 2b y 3), para determinar cualitativamente, el riesgo específico (R.E.) por caída de rocas y/o deslizamientos de cada sector, a través del grado de peligrosidad (P) y de vulnerabilidad (V) (Tabla 1).

Figura 2: **a)** Vista al sudoeste del talud N° 3, donde se observa los planos de falla extensional, que genera rotura y deslizamiento planar de bloques, **b)** Evidencia de los procesos de remoción en masa, en el talud en el Talud N°3

Talud	Geometría	Fr	Tipo rotura	Factor de seguridad	P	V	R.E.
N°1	H= 14 m y α= 56º	6	rP – rC - rV	rP= 0,96, rC=1,03	media	media	Medio
N° 2	H= 9 m y α= 59º	5	rP – rC	rP= 0,41, rC= 0,82	alta	media	Medio a alto
N° 3	H= 15 m y α=63º	4	rP	rP= 0,42	alta	alta	Alto
N° 4	H= 15m y α= 60º	3	rc	rc= 0,59	alta	media	Medio a alto

Tabla 1: Principales características geométricas y tipos de roturas reconocidas en los taludes, determinación del factor de seguridad de aquellas discontinuidades que generan inestabililidad y clasificación del riesgo específico por caída de rocas y/o deslizamientos

Figura 3: Vista parcial del Talud N° 2, donde se observan desprendimiento de bloques rocosos del GEV, por debajo de la malla metálica, en una zona con elevado grado de disgregación mecánica (sector SE);

REFERENCIAS

CORTÉS, J. y COSTA, C., 1991. Tectónica extensional en el sector Potrero de los Funes-Las Chacras, San Luis, 7° Reunión de Microtectónica Resúmenes: 4, Bahía Blanca.

COSTA, C., 1992. Neotectónica del sur de la sierra de San Luis. Tesis Doctoral Inédita. Universidad Nacional de San Luis, 390 p., San Luis.

FARIOLI, C. Y D. SALES, 2014. Análisis geotécnico de taludes en el circuito de Potrero de los Funes, sur de la Sierra de San Luis. Actas 19º Congreso Geológico Argentino, en CD. 2 al 6 de Junio, Córdoba.

MOROSINI, A.F., 2011. El Granito la Escalerilla, Provincia de San Luis. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Luis. Inédito.

GEOAMENAZAS POR INUNDACIONES DE LAS GEOFORMAS FLUVIALES URBANAS Y RURALES DE LOS PRINCIPALES RÍOS DEL CENTRO Y ESTE DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA

Jorge E Eremchuk.
Departamento Geología. Universidad Nacional de Catamarca.
eremchukjorge@gmail.com

Las copiosas lluvias ocurridas en los últimos años (2014 al 2017) en la provincia de Catamarca, especialmente en los departamentos Santa Rosa, Ambato, Paclín y aquellos del Valle Central (Esquiú, Valle Viejo y Capital), han ocasionado una serie de pérdidas materiales y de vidas producto de las inundaciones relacionadas a crecientes repentinas de los principales ríos (Paclín, Sta.Cruz, Ambato, Siján, San Francisco, Ovanta, El Abra y Río del Valle) que atraviesan los núcleos urbanos, infraestructura vial y los sistemas productivos de dichos departamentos.

Dichos cursos, drenan sobre la dorsal orográfica del Ambato- Manchao que separa la influencia climática del atlántico con la del pacífico, al Este de dicha dorsal se registra un aumento de la temperatura de +0,5ºC en los últimos cincuenta años (Camilloni *et al*. 2016). Esta variación de la temperatura está acompañada de un aumento del régimen de precipitación, que oscilan de 120 a 180 mm anuales en la misma región, en donde la actual inestabilidad climática se estima en unos 12 años (+/- 2 años) en Eremchuk *et al.* (2016) y Letussi (2018). Se le debe sumar un importante cambio de uso del suelo, especialmente la expansión de las tramas urbanas, las cuales tienden a ocupar terrenos ribereños susceptibles a la inundación fluvial.

La falta de datos hidrológicos (válidos y confiables) de las cuencas, obligó a la aplicación de procedimientos metodológicos alternativos cuali-cuantitativos, basados en la movilidad fluvial temporal y el análisis de indicadores geomorfológicos (Ollero Ojeda J. 2014) a partir de estudios fotogeológicos de los sistemas de teledetección (fotos aéreas e imágenes satelitales temporales). Esta metodología si bien no aportan datos de caudal, ofrece un rango de confianza que permite aplicar el principio precautorio de la ley General de Ambiente para la planificación o llevar seguridad a la población ante las crecidas repentinas de los ríos de la provincia.

El análisis fotogeológico permite evaluar las "geoamenazas por inundación" en función de la "extensión de los flujos de agua" sobre los terrenos adyacentes a los cauces de los ríos por la "probabilidad de ocurrencia" de las crecientes relevantes del curso de agua. En este trabajo solo se señala la cantidad de años de repetición de los eventos inundables que se evidencian en las fotos aéreas e imágenes satelitales de los últimos 50 años, con control de los registros históricos de los lugareños.

Las ocurrencias mayores a los 50 años corresponden a aseveraciones relacionadas con el estado de la cubierta vegetal de la década de los años 60 y la posición morfoestratigráfica de terrenos con restos arqueológico de los últimos 500 años. Para el cálculo de la probabilidad recurrente de las inundaciones, sería necesario incorporar registros históricos, influencia de cambios artificiales y otros datos de la cuenca hidrológica para determinar intervalos de confianza y aplicar algunas de las metodologías conocidas referente al tema.

Los trabajos realizados permitieron identificar una serie de geoformas fluviales en tramos de asentamientos urbanos y rurales que se encuentran amenazadas por inundaciones los cuales se presentan en la Tabla I. Las observaciones realizadas muestran una la relación entre el tipo de crecientes y las geoformas amenazadas, cuyos resultados son:

a) Las máximas crecientes ordinarias tienden a ocupar el "lecho de inundación" de los ríos y los "explayamientos laterales" semi activos de los conos aluviales (caso del Rodeo, Pomán y Siján)
b) Las crecientes extraordinarias con repetición de dos veces en los últimos cincuenta años inundan geoformas correspondientes a la "terraza inferior" o generan avulsión en tramos "meandroso" o en la "zona apical" de conos aluviales y reactivan "paleocauces" de terrenos ribereños y conos.
c) Las precipitaciones ocurridas en estos años en el departamento Sta. Rosa, ha reactivado las geoformas de la cuenca baja, "planicies y explayamientos", unidades estabilizadas desde hace 100 años o más. Aún no se conoce las causas de esta reactivación, si se debe al aumento del régimen de precipitaciones a partir de los años 70 o por la intensidad de las mismas asociado al uso de suelo agrícola de la zona.

Los estudios fotogeológicos sobre la evaluación temporal (fotos aéreas e imágenes satelitales) del comportamiento de las diferentes unidades geomorfológicas en la dinámica fluvial del sistema hidrológico de las sierras de Ambato – Manchao de la provincia de Catamarca, tramos intramontanos y pedemontanos con descargas de colectores principales al Salar de Pipanaco, Valle Central y Llanura Tucumana, determinó que los asentamientos urbanos o rurales de los departamentos del área de trabajo, poseen geoformas fluviales amenazadas por inundaciones repentinas, las cuales se reconocen como; i) lecho de inundación, ii) terrazas inferiores, iii) explayamientos distales y laterales y iv) paleocauces, las mismas son vulnerables a las máximas crecientes ordinarias y crecientes extraordinarias con repetición de dos o más eventos en los últimos cincuenta años.

A estas condiciones hay que sumarle que unidades hidrogeomorfológicas de la cuenca baja, estables en los últimos cien años, de cursos de aguas del departamento de Sta. Rosa se reactivaron (planicies y explayamientos) en condiciones de un cambio de uso del suelo natural a agrícola y con un aumento del régimen de precipitación en la región, en los últimos cincuenta años.

Estas consideraciones implican que para el uso antrópico (urbano o rural) de diferentes espacios fluviales es imprescindible la implementación de obras civiles de protección en forma previa al aprovechamiento de dichos terrenos, especialmente aquellas geoformas que evidencias ocurrencias de inundación más de una vez en los últimos cincuenta años.

Finalmente, a pesar que las condiciones climáticas hacia el oeste de la dorsal que forman las sierras de Aconquija-Ambato son de mayor aridez, se aconseja extrapolar estos resultados en forma preventiva a todos los núcleos o asentamientos urbanos y rurales que se ubican en el ámbito de las Sierra Pampeanas y borde oriental del Sistema de Famatina de la provincia de Catamarca, hasta tanto se cuente con estudios adecuados a la planificación del uso del suelo urbano.

Vertiente occidental de las sierras de Ambato-Manchao, con descargas al salar de Pipanaco
Rio Siján, tramos urbanos de las siguientes localidades (Cisternas et al 2017):
I) Siján. Avulsión sobre la margen izquierda en el sector del ápice del cono aluvial activo, repetición del evento; dos veces en cincuenta años. II) Pomán. Reactivación de paleocauce en el tramo medio del cono aluvial, repetición del evento; dos veces en cincuenta años.
Vertiente oriental de las sierras de Ambato-Manchao, con descargas al valle central de Catamarca
Río Ambato, tramos urbanos de la villa El Rodeo(Eremchuk 2014):
I) Tramo Casa del Cura. Inundación terraza inferior, repetición del evento; dos veces en cincuenta años. II) El Mástil. Explayamientos lateral inactivo de la margen derecha, repetición del evento; dos veces en cincuenta años. III) Hostería Villafañe. Explayamientos lateral sobre el lóbulo semiactivo de la margen derecha, repetición del evento; cinco veces en cincuenta años. IV) Camping. Avulsión sector meandro, aguas arriba del ápice del abanico aluvial, repetición del evento; cuatro veces en cincuenta años.
Río Paclín – Santa Cruz, tramos urbanos de las siguientes localidades (Eremchuk et al. 2017):
I) Huaycama. Lóbulos semiactivos del abanico aluvial terminal, repetición del evento; cuatro veces en cincuenta años. II) El Portezuelo. Inundación terraza inferior de la margen izquierda, repetición del evento; dos veces en cincuenta años.
Río del Valle, asentamiento al sur de la ciudad de Catamarca:
I) Bajo Hondo. Terraza inferior de la margen derecha del Río del Valle, repetición del evento; una vez en cincuenta años, Ojeda *et al.* (2017). II) Valle Hermoso. Paleocauce de la margen derecha del Río del Valle, repetición del evento; una vez en cincuenta años, Eremchuk *et al*. (2012).
Vertiente oriental de las sierras de Ambato-Manchao, con descargas a la llanura tucumana
Río San Francisco, asentamientos rurales (Eremchuk et al. 2016):
I) Casa Santa y Los Pérez. Planicie de inundación distal, repetición del evento; una vez en cien años.
Río Ovanta, tramo urbano y asentamiento rural (Eremchuk et al. 2016)
I) Bañado de Ovanta. Avulsión de la margen derecha sobre la terraza, repetición del evento; dos veces en cincuenta años. II) Paraje los Ortices. Explayamiento distal, repetición del evento, una vez en cien años.

TABLA I

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto “Cartografía geoambiental de áreas urbanas de la provincia de Catamarca”, financiado por la UNCA. Al mismo tiempo se agradece al Dr. Ricardo Mon por las discusiones y aportes referente a los problemas de inundación.

REFERENCIAS

CAMILLONI I. y BARROS V. 2016. La Argentina y el cambio climático, de la física a la política. Libro, páginas: 286 - Editorial: EUDEBA Colección Ciencia Activa, ISBN 9789502326559

CISTERNAS M., VERGARA T., NIETO R., EREMCHUK J., MUSURUANA A., ACHA E. 2017. La dinámica del río Siján, vinculada al aluvión de 23/enero/2014 Dpto. Pomán. Catamarca. XX Congreso Geológico Argentino .Riesgo geológico y geología ambiental y urbana Sesión Técnica 15. 18-21.

DÍEZ HERRERO, A., SANZ, M.A. y PEDRAZA, J. 2004. Indicadores geomorfológicos cuantitativos de la degradación de las riberas fluviales aguas debajo de las presas de embalse. I Congreso Nacional de Restauración de Ríos y Humedales, 229–245.

EREMCHUK J. 2014. Evidencias Geológicas y Geoamenazas Hídricas en la villa El rodeo, Dpto. Ambato, Catamarca. Producción Científica de la Facultad de Tecnología III-ISBN: 978-987-661-186-2 pág. 73-82

EREMCHUK J. CISTERNAS M. y COSTELLO M. 2016. Determinación de Áreas Inundables de las Localidades Ubicadas en la Cuencas de los Ríos El Abra, San Francisco, Ovanta y Las Cañas del Este Catamarqueño, Provincia de Catamarca. Informe técnico II-V-320pag. Colegio de Geólogos de Catamarca para la Subsecretaría de Recursos Hídricos Catamarca.

EREMCHUK J., y MUSURUANA A. 2012. El uso de imágenes multitemporales en la dinámica fluvial del Río del Valle. Catamarca – Argentina. Producción Científica de la Facultad de Tecnología III-ISBN: 978-987-661-116-9 pág. 245-249

EREMCHUK J., SUIRO A., AREVALO V., y PARACHE L. 2017 Geoamenazas hídricas de la localidad El Portezuelo (Catamarca – Argentina) Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas - ISSN 2525-2097 - Vol. 2 - Nº 1, 12-16.

OJEDA J. SUEIRO A. PARACHE L. y REARTE R. 2017 Causas de la inundación en el asentamiento urbano de Bajo Hondo (Catamarca – Argentina) Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas - ISSN 2525-2097 - Vol. 2 - Nº 1, 06-11.

OLLERO OJEDA ALFREDO 2014. Guía Metodológica Sobre Buenas Prácticas en Gestión de Inundaciones. Proyecto Sud’eau2 del Programa de Cooperación Territorial del Espacio Sudoeste Europeo. 137 Pág. ISBN 978-84-606-8807-5.

LETUSSI MATÍAS 2018. Método de tratamiento de modelos de elevación para el análisis de escorrentía superficial en planicies agrícolas - Monte Redondo, Departamento Santa Rosa, provincia de Catamarca. Indito: Seminario, pág. 132. Departamento de Geología, Universidad Nacional de Catamarca.

CARACTERIZACIÓN COSTERA DE LA LAGUNA DE LOBOS Y SU APLICACIÓN AL MANEJO INTEGRAL DE SUS MÁRGENES

Belena Diaz Appella y Silvia Marcomini

Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA) - CONICET
Departamento de Ciencias Geológicas,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria. Argentina.
diazbelena@hotmail.com

La provincia de Buenos Aires constituye una zona de llanura formada por numerosos sistemas de lagunas con morfogénesis, dinámica y sedimentación muy diversa. El crecimiento y la expansión urbana han modificado sustancialmente estos ambientes. El hombre ha empleado estos sistemas como áreas de urbanización, esparcimiento y regulación de inundaciones, generando diversos impactos que han alterado la dinámica de las lagunas y modificado sus riberas.

La laguna de Lobos se localiza al noreste de la provincia de Buenos Aires (35º 16´S y 59º 07´O), en la Cuenca del río Salado, la cual constituye una zona de muy baja pendiente. Dicha laguna es un cuerpo de agua permanente de forma subelíptica que abarca un área de 7,6 km^2 (Dangavs y Blasi 1992).

El colector principal de la cuenca fluvial de la laguna es el arroyo Las Garzas, el cual recorre 42 km desde la laguna de Navarro hasta desembocar en la laguna de Lobos. La misma es alimentada mediante este arroyo, las precipitaciones y el agua de escurrimiento superficial desde los campos, siendo la relación con el agua subterránea efluente-influente (Dangavs y Blasi 1992).

Si bien los trabajos de manejo y sustentabilidad costera son muy frecuentes en ambientes marinos, existe muy poco conocimiento sobre el manejo integrado en costas de cuerpos lacustres, algunos de ellos son los trabajos de Marcomini et al. 2010 y López et al. 2012, los trabajos realizados en la zona de los Grandes Lagos (Lawrence 1995, 1997), entre otros.

El objetivo del trabajo es evaluar el estado actual de las márgenes de la laguna de Lobos y caracterizar los distintos tipos de costas. El resultado final será la creación de un inventario que sirva para proponer medidas de manejo sustentable y posibles métodos de protección de la ribera.

Para la realización de este trabajo se han analizados las imágenes satelitales de Google Earth Pro, las fotografías aéreas provistas por el Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires y los datos de vientos del Servicio Meteorológico Nacional, sumado a los análisis de laboratorio y a las tareas de campo realizadas, las cuales han permitido reconocer la erosión que ha experimentado la costa de la laguna en los últimos años y evaluar las diversas morfologías que presenta.

El análisis morfológico costero realizado muestra que la erosión natural del margen de la laguna se debe principalmente a la acción del oleaje, al carcavamiento en los márgenes y a la remoción en masa. Además, se reconocen procesos de erosión inducida por el hombre, los que responden principalmente a la regulación del caudal por el manejo de las compuertas en las lagunas de Lobos y Navarro (siendo esta última la que regula el ingreso de agua desde el arroyo Las Garzas hacia la laguna de Lobos), a las construcciones y al uso de embarcaciones a motor.

La acción del oleaje es originada principalmente por los vientos, siendo las direcciones noreste y este las predominantes de la región, mientras que el carcavamiento de los márgenes es generado a partir del escurrimiento superficial, dando lugar a su vez a la inestabilidad de las pendientes favoreciendo los procesos de remoción en masa.

En algunos sectores la costa está protegida naturalmente por juncos, los cuales amortiguan la acción del oleaje contra las barrancas. En los últimos años se ha reducido bruscamente la cantidad de juncos alrededor del perímetro lagunar, siendo una de las causas del aumento de la erosión.

Se han llevado a cabo a través de los años diversas obras de protección de costas como la colocación de montículos de bloques, bolsas de material y la construcción de paredones verticales. También se han realizado obras para impedir el ingreso de agua durante las inundaciones como la elevación del terreno a partir de albardones artificiales.

El retroceso de la línea de costa ha quedado evidenciado principalmente por la morfología costera, la caída e inclinación de los árboles a lo largo del perímetro lagunar y las construcciones que han quedado desfasadas de la línea de costa actual.

El análisis morfológico de la costa de la laguna permitió reconocer costas naturales y costas artificiales. Dentro de las costas naturales se pueden identificar costas rectas, y costas irregulares constituyendo bahías y salientes. Las bahías son generadas por la erosión retrocedente producto del carcavamiento a partir de la escorrentía superficial y la refracción del oleaje que aumenta la energía de olas en los cabos produciendo erosión y disminuyendo la energía de ola en las bahías depositando los sedimentos. Existen bahías pequeñas del orden de metros y bahías de mayor tamaño, de centenas de metros. Las primeras, localizadas principalmente en la costa sur, suelen presentar depósitos de playa de 2,5

m de ancho por 5 m de largo en promedio y están compuestas principalmente por clastos de calcretes intracuencales subangulares, con tamaños de grano que van desde sábulo a guijarro, con una pequeña proporción de arena gruesa. En las bahías de mayor tamaño se reconocen depósitos de playas, identificándose distintos tamaños de granos en la playa distal, principalmente desde guijarro a arena gruesa, mientras que en la playa frontal se reconocen arenas limosas, predominando el tamaño arena muy fina. Las barrancas poseen una altura variada de centímetros a metros, localizándose las más elevadas en el sector oriental de la laguna.

Las costas artificiales se clasificaron dependiendo del tipo de protección en costas con: montículos de bloques, bolsas con materiales, albardones artificiales y paredones verticales. Estas últimas se localizan mayormente en la margen noroeste de la laguna en el sector turístico privado y público. En este último, muchos de los paredones verticales se han derrumbado, haciendo que la línea de costa retroceda por acción del oleaje y el escurrimiento superficial, mientras que algunos de los paredones que aún siguen en pie son afectados por el escurrimiento superficial, el cual sigue las irregularidades del terreno y se concentra hacia la zona de los paredones generando erosión retrocedente, sobre todo cuando la intensidad de las precipitaciones es elevada.

Las costas con montículos de bloques, bolsas con materiales y albardones se reconocieron principalmente en el sector este de la laguna, mayormente a ambos lados de la compuerta. Los mismos fueron colocados desde hace varios años durante distintos periodos para evitar la erosión e inundación de la costa durante los niveles de cota altos.

En la actualidad las costas clasificadas como naturales son las que predominan en el perímetro lagunar. Sin embargo, la transformación de las mismas en costas artificiales se ha incrementado con el paso del tiempo por la recurrente erosión y los periodos de inundación. Por tal motivo surge la necesidad de regular el uso de las costas y planificar las medidas de conservación en relación al futuro crecimiento de la localidad y del turismo, y a los recurrentes periodos de sequias e inundaciones.

Referencias

Dangavs, N. y Blasi A., 1992. Presencia de yeso en Lobos, Provincia de Buenos Aires. Revista Museo de La Plata, Nueva Serie, Tomo XI Geología, 100: 17-32, La Plata.

Marcomini, S.C., López R.A. y Kalesnik, F., 2010. Caracterización ambiental y geomorfológica de los márgenes de cuerpos de agua artificiales en la planicie costera del Río de La Plata. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 24(1): 35-40.

Lawrence, P.L., 1997. Integrated coastal zone management and the Great Lakes. Land Use Policy, 14 (2), pp. 119-136.

Lawrence, P. L., 1995. Development of Great Lakes shoreline management plans by Ontario conservation authorities. Ocean & Coastal Management, 26 (3), 205 -223.

López, R.A., Marcomini, S.C. y Kalesnik, F., 2012. Artificial lakes management in the estuarine plain of the Río de la Plata, Buenos Aires, Argentina. Ocean and coastal management, Elsevier. Publicación especial, 77: 66-72.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y RIESGO ASOCIADO DE LOS TALUDES DE LA AUTOVÍA R.P.N°20, ENTRE EL B° CERROS COLORADOS Y EL VOLCÁN. PROVINCIA DE SAN LUIS

Carlos H. Farioli Pereira y Daniel A. Sales

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, 5700, San Luis
sales@unsl.edu.ar, chfarioli@gmail.com

Se analizan las condiciones de estabilidad de los taludes de precorte, situados en la autovía R.P.N°20, entre el barrio Cerros Colorados de la ciudad de Juana Koslay y la localidad de El Volcán, en el extremo sur de la sierra de San Luis (Figura 1a).

Los taludes están conformados por rocas del basamento cristalino afectados principalmente por fallas extensionales con dirección NO-SE, que al interaccionar con otros sistemas de fracturas, generan un elevado grado de disgregación mecánica, provocando condiciones de inestabilidad en los cortes del macizo.

Para el análisis se seleccionaron cuatro taludes (Tabla 1, Figuras 1b y 1c), caracterizados por ser aquellos que concentran la mayor amenaza de caída de rocas y deslizamiento, provocados por rotura planar (Rp), en cuña (Rc) y vuelco (Rv).

Para el análisis de estabilidad, se tuvo en cuenta la geometría de los taludes (H: altura máxima y α: ángulo máximo de inclinación), la densidad promedio de las rocas (2,6 g/cm^3), y las condiciones geomecánicas del macizo. Se definieron además, los parámetros resistentes del macizo, considerando los valores de cohesión (c) entre 0 y 1 t/m^2, según lo propuesto por ADIF (2006), y el ángulo de rozamiento interno (φ), estimado según el índice RMR (Bieniawski, (1979). En la determinación del factor de seguridad de los taludes (FS), se utilizó el software Rocscience (2013), para condiciones del macizo sin humedad y sin cargas externas (Tabla 1).

A modo de ejemplo, la Figura 1d muestra la relación entre las orientaciones de las principales discontinuidades y la del talud Nº 4, donde se observa la existencia de fracturas que generan rotura planar (N=1), cuña (N=1) y vuelco (N=3) (Tabla 1). La Figura 1e, muestra el modelado de la condición más inestable del talud (rotura plana), con un FS = 0,50.

En el presente trabajo, se calcula el FS para movimientos traslacionales y no por vuelco, donde solo se reconoce la existencia de este tipo de rotura.

Según los resultados expuestos en la Tabla 1, los taludes examinados tienen problemas de inestabilidad, dado que los factores de seguridad se encuentran por debajo de 1 (FS<1). En caso de lluvias o sismicidad, estos podrían generar aún más la reducción del FS y generar deslizamientos de la masa rocosa.

Por último, con el programa RocFall se realizó la simulación de caída de rocas para cada uno de los taludes, con motivo de analizar las probabilidades de que los bloques rocosos lleguen a la calzada vial y provoquen daños materiales, o a los transeúntes. De esta manera, se propone determinar cualitativamente el riesgo específico (R.E.), a partir del análisis del grado de peligrosidad (P) y vulnerabilidad (V) por caída de rocas y/o deslizamientos. El riesgo de caída de rocas en los sectores analizados, varían de bajo a alto (Tabla 1). Ello lleva a la conclusión, que en los Taludes Nº 2 y Nº 4, deberían proponerse medidas correctivas, a fin de aumentar el FS. El caso crítico, son los cortes en la zona de la "Cuesta del Gato" (Talud Nº 2), donde el camino presenta un ancho máximo de 8 m, limitado por dos taludes de 10 m de altura promedio, siendo el más inestable el talud de precorte ubicado sobre su margen SO, donde se producen deslizamientos planares en algunas ocasiones de lluvias importantes (Figura 1, b). Para este sector, por la calidad de la masa rocosa, se propone anclajes como medida mitigadora.

Talud	H (m)	α (°)	c (t/m^2)	φ (°)	Tipo rotura	Factor de seguridad	P	V	R.E.
N° 1	4	85	0.05	26	Rc	Rc= 0.49	Baja	Media	Bajo
N° 2	10	70	0.05	34	Rp – Rc	Rp= 0.47, Rc= 0.56	Alta	Alta	Alto
N° 3	8	80	0.0.5	35	Rp	Rp= 0.39	Alta	Baja	Medio
N° 4	10	70	0.1	37	Rp – Rc	Rp= 0.50, Rc= 0.82	Alta	Alta	Alto

Tabla 1: Principales características geométricas, tipos de roturas y el factor de seguridad de aquellas que generan inestabililidad en los taludes, además de definir cualitativamente el riesgo específico por caída de rocas y/o deslizamientos.

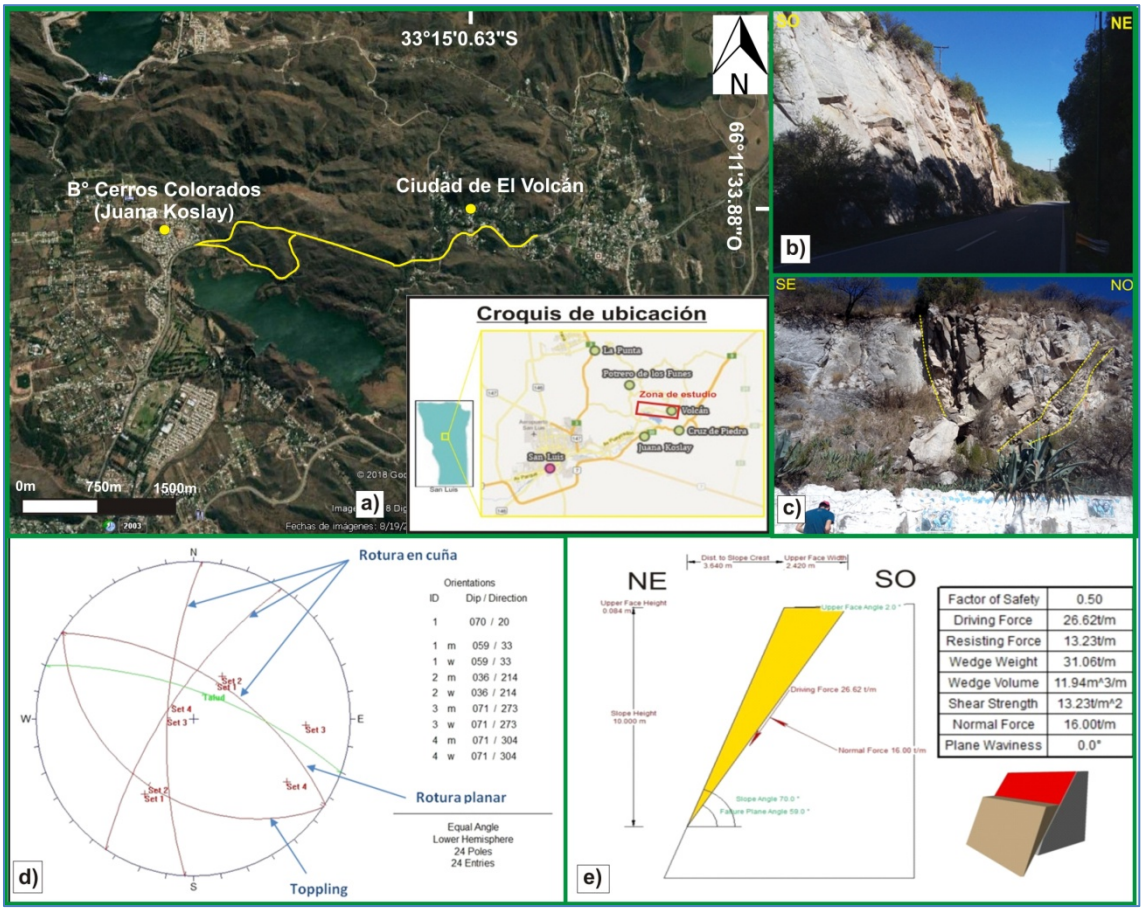


Figura 1: a) Mapa ubicación de la zona de estudio**, b)** Talud Nº4, en el sector de la Cuesta del Gato, con riesgo de deslizamiento planar, **c)** Talud N°2, ubicado en el extremo oriental del área de estudio, en la localidad de El Volcán, d) Ciclográfica del talud N°4, donde se observa la relación del plano del talud respecto a las discontinuidades que generan roturas planar, cuña y vuelco, e) Análisis de estabilidad por rotura plana del Talud N°4.

REFERENCIAS

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (ADIF), MADRID, 2006. Proyecto básico de plataforma. Línea de alta velocidad Madrid - Extremadura. Talayuela - Cáceres. Ramal de conexión al norte de Cáceres. Anejo N°8 – Geotecnia. Página 14.

BIENIAWSKI, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications.2º Int. Congress on Rock Mechanics, vol. II.Suiza.

DENARO, JUAN F., 2018. Análisis geomecánico y de estabilidad de los taludes de la Ruta Provincial Nº 20 entre el Bº Cerros Colorados y la localidad El Volcán provincia de San Luis. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad Nacional de San Luis. Inédito.

ROCSCIENCE IND., 2013. www.rocscience.com

DETERMINACIÓN DE LA PELIGROSIDAD PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE SAN PEDRO - DEPARTAMENTO SANTA ROSA - CATAMARCA

Marcelo A. Costello, Jorge E. Eremchuk y Miriam Y. Cisterna
Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca.
marcecost@hotmail.com

La localidad de San Pedro se haya ubicada en al Este del Departamento Santa Rosa en la Provincia de Catamarca, y corresponde a un punto bipartito con la Provincia de Santiago del Estero. Durante los años 2014, 2015 y 2016 esta zona presentó problemas de inundaciones generadas por excedentes hídricos de tierras agrícolas, que resultaron en pérdidas económicas de importancia para éste municipio. San Pedro se halla emplazada sobre sedimentos fluvio eólicos de la Formación Tucumán (Bonaparte et al., 1974), que es parte de la unidad geomórfica de planicies aluviales del noreste del departamento, conformando un relieve ligeramente plano en donde las obras viales existentes obstaculizan las direcciones de flujos correspondientes a los excedentes hídricos hacia el área urbana.

La determinación de la "Peligrosidad Pluvial", se realizó a través de la ecuación derivada del British Columbia Institute of Technology (1995) en Eremchuk et al. (2016) que relaciona la "escorrentía" con el "calado del agua" y el "relieve" de la trama urbana. A los resultados de esta ecuación se le asigna una clasificación cualitativa de peligrosidad en Alta, Moderada o Baja.

El análisis digital de imágenes satelitales, indica que la concentración de los flujos superficiales de la escorrentía correspondiente a los excedentes hídricos, que se desarrollan al Norte de la Ruta Provincial N°10 (Figura 1), tienden a encausarse en la traza de la ruta provincial N°153 inundando todo la trama urbana del Oeste de San Pedro. Hacia el Sur de la Ruta Provincial N°10 (Figura 2), el análisis digital muestra que la concentración de excedentes hídricos derivados del 50% de los terrenos analizados, afectan el sector Sur-Oeste de la población de San Pedro de manera directa, mientras que el 50% restante descargan sus excedentes sobre la traza de la Ruta Nacional N°157 y las vías del Ferrocarril FCGB, estructuras viales que conducen los flujos de agua superficial hacia el Sur del área de estudio. Los controles de campo y los análisis de suelos realizados en el área de estudio, indican la presencia de sedimentos con texturas franco arenosas (Soil Survey Staff, 2010) que son caracterizados como suelos de Moderadamente Alto Potencial de Escurrimiento en Eremchuk et al., 2016, confirmando la predominancia del escurrimiento por sobre la infiltración.

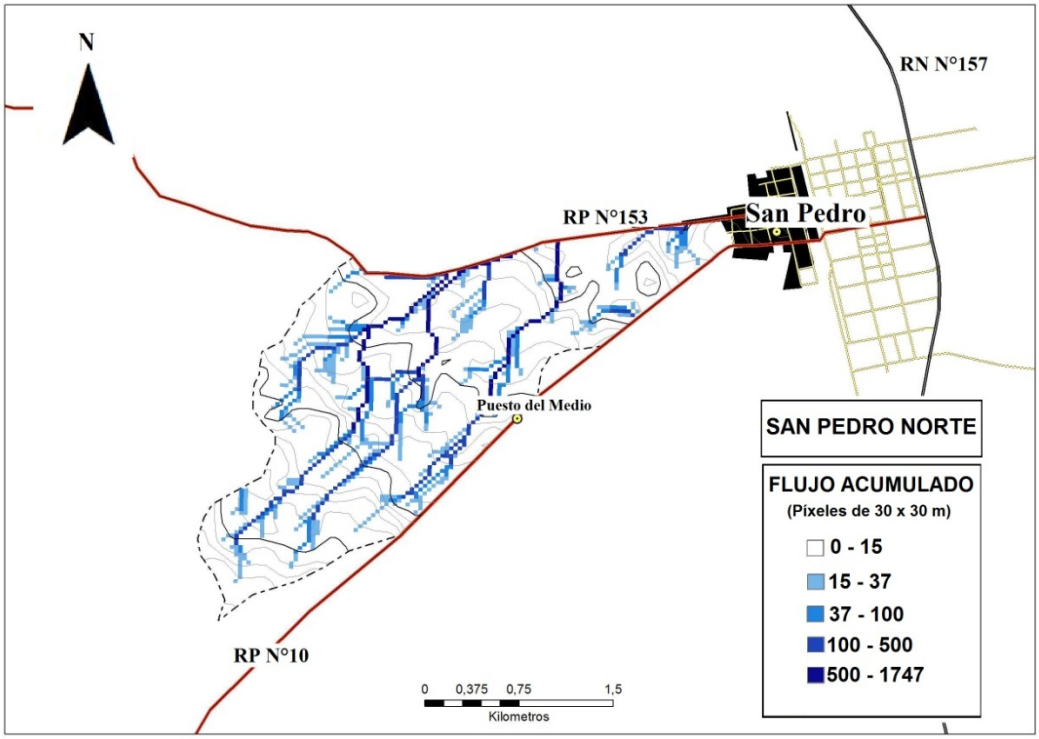


Figura 1: Escorrentías de baja concentración que afectan a la localidad de San Pedro Norte.

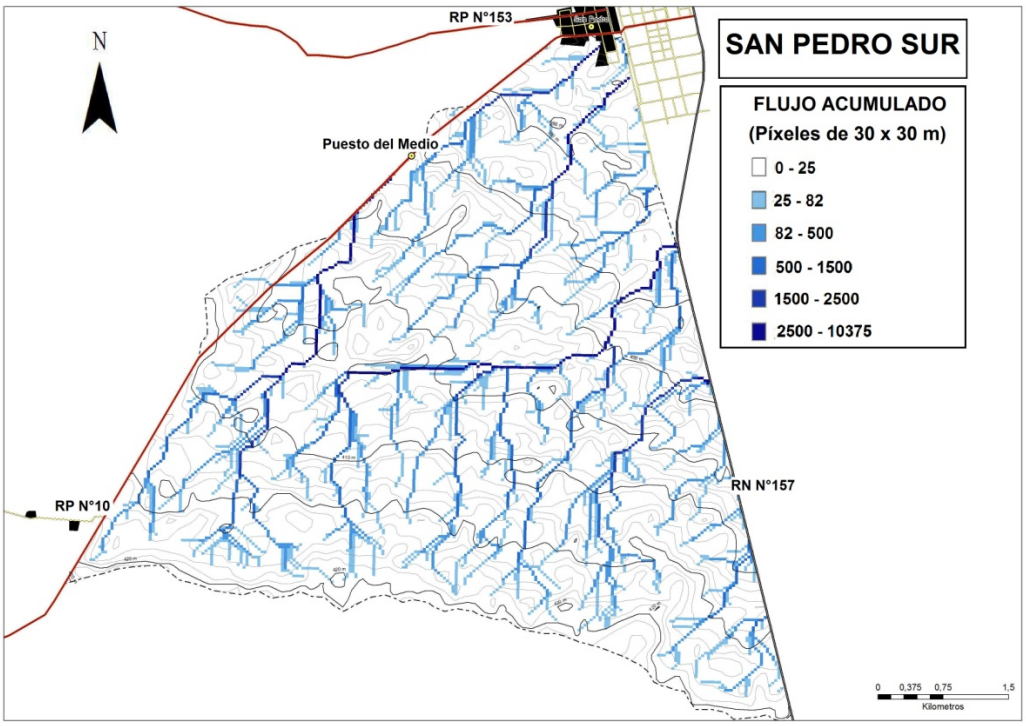


Figura 2: Escorrentías de baja concentración que afectan a localidad de San Pedro Sur.

El análisis desarrollado permite concluir que la localidad de San Pedro posee dos sectores de su trama urbana afectada por "peligrosidad pluvial". El sector Norte alcanza una peligrosidad **Alta**, que está relacionada a los excedentes hídricos de terrenos aledaños, que escurren con sentido NE hasta inundar la trama urbana en este punto. Por su parte, el sector Sur presenta una "peligrosidad pluvial" **Moderada** que deriva de la existencia de obras viales que interrumpen y re direccionan el flujo de los excedentes hídricos generados en terreno ubicados al Sur de esta localidad. Finalmente la determinación de "peligrosidad luvial" desarrollada para la localidad de San Pedro, pone de manifiesto una íntima relación entre el uso del suelo, los sedimentos que constituyen el mismo, la morfología del relieve y las obras de infraestructura, condicionantes del comportamiento de las escorrentías superficiales desarrolladas en planicies aluviales, y permite definir sectores vulnerables de riesgo hídrico, ante posibles eventos de precipitaciones importantes como la ocurridas durante los años 2014, 2015 y 2016.

Referencias

BONAPARTE, J. F. Y BOBOVNIKOV J. 1974. Algunos fósiles pleistocénicos de la provincia de Tucumán y su significado estratigráfico. Acta Geológica Lilloana, 12: 171-183. Tucumán.

BRITISH COLUMBIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY (BCIT). 1995. Road Construction Practices and Procedures. Seminar Manual. RRET 0310/0311. Burnaby, B.C.

EREMCHUK J., CISTERNAS M., COSTELLO M. 2016. Determinación de áreas inundables de las Localidades Ubicadas en las Cuencas de los Ríos El Abra, San Francisco, Ovanta y Las Cañas del Este Catamarqueño, Provincia de Catamarca. Informe técnico II-V-32 pag. Colegio de Geólogos de Catamarca para la Subsecretaría de Recursos hídricos. Catamarca.

SOIL SURVEY STAFF. 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos, 11th ed. USDA - Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOECONÓMICO DE LAS ROCAS DIMENSIONALES DE LA ISLA GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO

Estefanía Picado[1], Rogelio D. Acevedo[1] y Raúl E. de Barrio[2]

[1] *Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC - CONICET), Houssay 200, Ushuaia.*
[2] *Instituto de Recursos Minerales (INREMI-FCNyM-UNLP), Calle 64 S/N esq. 120, La Plata.*
picadoestefania1988@gmail.com

El objetivo fundamental del presente proyecto de trabajo es obtener una actualización y profundización en el conocimiento de las características geológicas y geotécnicas de unidades litológicas de la Isla grande de Tierra de la Fuego cuyas rocas puedan ser utilizadas como materiales lapídeos.

Las investigaciones estarán orientadas a describir los rasgos geológicos, magnitudes aflorantes, características petrográficas y químicas de las rocas, y mediante ensayos geotécnicos correspondientes y su respectivo análisis de ponderación, definir la potencialidad como materiales de uso ornamental y monumental. Así, la realización de un inventario litológico permitirá tener un actual y completo conocimiento sobre las distintas rocas y su relación con futuros planes de manejo, ya sean de tipo conservacionistas como extractivos.

Otro objetico del proyecto es definir guías exploratorias conducentes a sistematizar y viabilizar los trabajos de búsqueda de sectores de materiales pétreos con aptitudes ornamentales.

En principio se procederá a una revisión de la bibliografía disponible y recopilación de información cartográfica, fotografías aéreas e imágenes satelitales. El trabajo de campo tiene como objetivo realizar una recorrida por diferentes sectores de la Isla Grande de Tierra del Fuego para precisar y relevar los lugares próximos a las vías de comunicación donde afloran rocas con características particulares de dureza y tipos texturales (como por ejemplo de textura granuda), poco alteradas y/o con la menor deformación posible, estableciendo así un orden de prioridades y variedades litológicas para su beneficio extractivo.

Es plausible también la realización de una exploración aérea y lacustre con campamentos en los sitios escogidos para la identificación, muestreo y mapeo de nuevos sectores con afloramientos de plutonitas en el interior de la Cordillera Fueguina.

El trabajo de laboratorio consistirá en la preparación de secciones delgadas de las muestras de roca de los afloramientos estudiados para su caracterización petrográfica con microscopio de luz polarizada.

Asimismo, se prepararán probetas formateadas para los ensayos petrofísicos consiguientes, que serán practicados en laboratorios propios (CADIC) y externos.

Finalmente y en forma adicional al inventario de rocas con aptitudes ornamentales de la Tierra del Fuego, se pretende confeccionar un Atlas ilustrado con los diferentes tipos de rocas estudiadas, con énfasis en aquellas nuevas variedades de rocas dimensionales establecidas en el desarrollo de la investigación.

BORRADOR

RELEVAMIENTO INTEGRAL DE LA BÓVEDA TETAMANTI DEL CEMENTERIO DE LA PLATA REVESTIDA EN DISTINTOS TIPOS DE ROCA

Rosana Lofeudo[1], Gabriela Coelho dos Santos[12], Luis Traversa[1], Iloro Fabián [1]

[1] *Laboratorio de Entrenamiento Multidiciplianrio para la Investigación Tecnológica (LEMIT-CICPBA), Av. 52 s/n, e/ 121 y 122, La Plata 1900.*
[2] *Facultad de Cs. Naturales y Museo Univresidad Nacional La Plata-FCNyM-UNLP), Calle 64 S/N esq. 120, La Plata.*

patrimonio@lemit.gov.ar

El cementerio de La Plata, diseñado por el Ing. Pedro Benoit, posee una zona de bóvedas a perpetuidad, transversal al ingreso principal, con más de 2100 edificaciones (Lofeudo et al., 2017). El crecimiento de estas zonas fue programado como así también su trazado de características similares a la de la ciudad platense. Para cada bóveda fueron otorgados lotes de 3 x 3 metros con un desarrollo en altura acorde a las normativas municipales en relación al ancho de las veredas.

En la zona "O" ubicada en dos lotes terminales del tablón, se erige el monumento funerario de la familia de Don Juan Tetamanti, comerciante y dueño de la compañía tranviaria La Nacional quien implementó el primer tranvía eléctrico de Sudamérica.

La bóveda data del año 1940, iniciándose la construcción bajo el proyecto del Ingeniero Julio Barrios, el cual ha realizado unas 1700 obras en la ciudad de La Plata y zonas aledañas, pero solamente cuatro en el cementerio platense.

La estructura es de hormigón armado con revestimiento exterior compuesto por bloques de roca de granito gris que según el expediente proviene de la provincia de Córdoba, martelinado recto a la francesa. El techo, la puerta los canteros del jardín y los maceteros, así como otros elementos estructurales, están formados por los mismos bloques de roca de distintito espesor: la puerta de 5 cm, el bloque del techo de sección triangular de 18 cm máximo, el cantero de sección semicircular representado por un bloque tallado de 25 cm de alto por 15 cm de espesor.

El interior completo está revestido en mortero símil piedra pulido. Para los solados (pisos), escalera, sócalos y tapa de los nichos se utilizó mármol de tipo Botichino, de diferentes espesores según el uso.

Al finalizar la obra, el Ing. Barrios solicita a la Municipalidad de La Plata ser eximido de colocar la vereda tradicional impuesta por ordenanza, y fue aceptado, utilizando en su lugar lajas del mismo granito gris reconstituido buscando el mejoramiento estético de la obra.

En la actualidad el mausoleo se encuentra en un estado regular de conservación, ennegrecido por crecimientos liquénicos y cianobacterias (Rosato et al., 2014) y polvo sobre techo y muros. La proliferación de la pátina biológica se relaciona a la textura del martelinado que da lugar a la depositación de polvo, humedad y por lo tanto al crecimiento biológico. Estas patologías hacen dificultosa la lectura de los bajo relieves y de los volúmenes del desarrollo arquitectónico. Las veradas se encuentran desniveladas por asentamiento de suelos. En líneas generales los revestimientos y bloques de roca no se observan fisuras, rajaduras o desprendimientos, pero en las juntas de los bloques de granito se encuentran pequeñas plantas vasculares. El interior se halla afectado por humedad descendente dado que el agua de lluvia ingresa por la lucarna y el ascenso de napas provoca en el sótano una continua inundación de hasta 50cm actualmente.

En cuanto a la roca granítica, definida como gris de Córdoba, su tipo litológico es una tonalita de textura fina cuya, maciza y sin fisuras microestructurales ni alteraciones. No resalta en belleza pero su uso esta relacionada a la alta resistencia de este tipo de roca y a la masividad de la misma, característica importante para el tallado y colocación de las piezas, asociada a la funcionalidad de cada elemento estructural y ornamental. El mármol tipo Botichino, se encuentra afectado por suciedad acumulada, producto de desprendimientos del revoque interno de la bóveda y por estar expuesto a humedad continua y al contacto directo con el agua además del crecimiento de vegetación entre las juntas. El estado de abandono de este tipo de monumentos está relacionado fundamentalmente por el cambio de hábitos respecto al recuerdo de los fallecidos.

BORRADOR

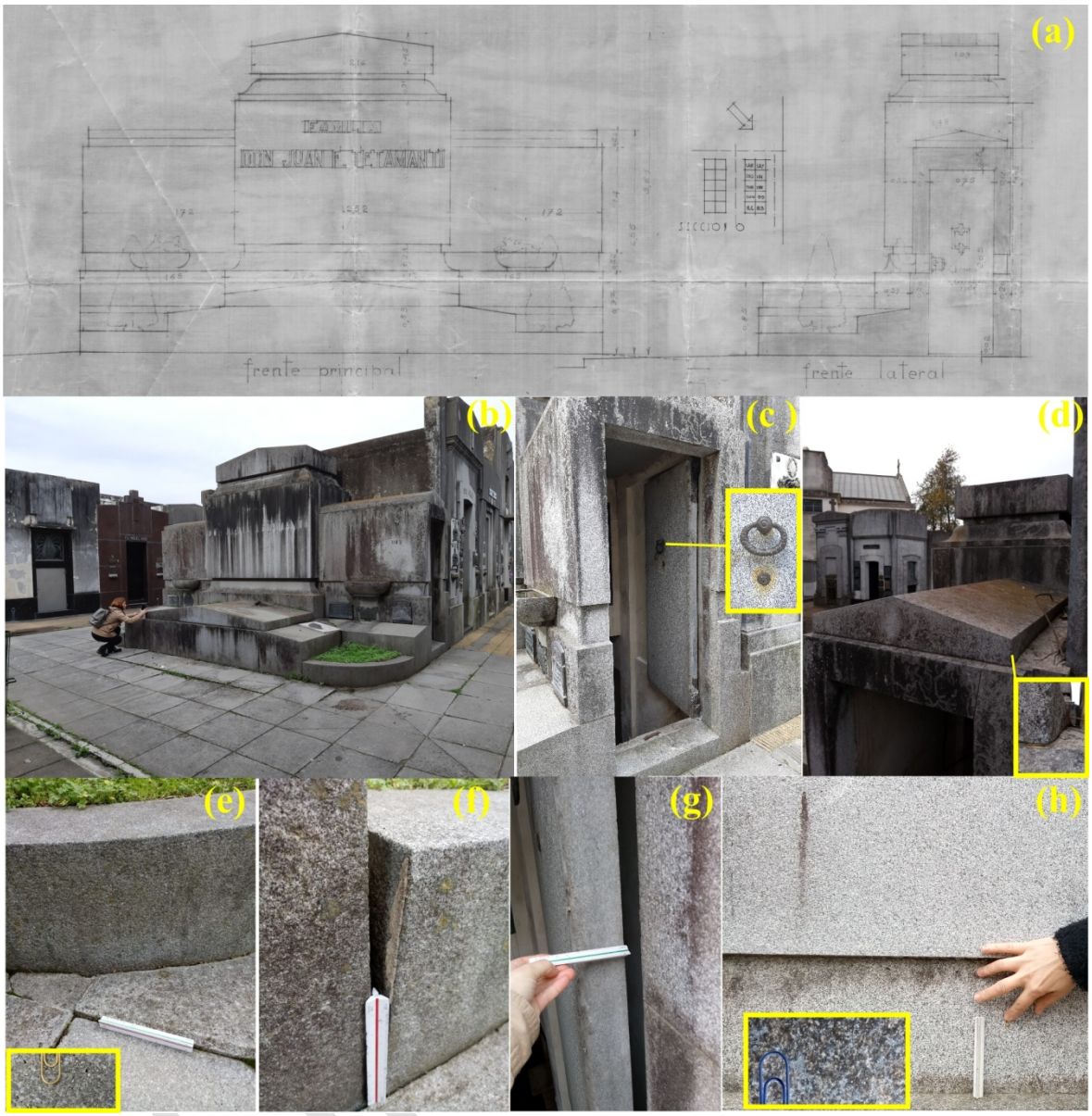


Figura 1:(a) Plano de la fachada y acceso a la bóveda. **(b)** Foto tomada desde el sector derecho, fachada con canteros de jardines y maceteros en muro. **(c)** Puerta de acceso a la bóveda, al margen detalle del granito gris de la puerta con agarre en metal. **(d)** Vista desde arriba del bloque que conforma el techo y de la lucarda (tragaluz); imagen inferior derecha, detalle de las esquina delantera del bloque de granito del techo. **(e)** Sector semicircular del cantero de granito y vereda reconstituida. **(f)** Detalle del bloque de granito del cantero. **(g)** Espesor de la puerta. **(h)** Revestimiento del muro de la fachada; imagen inferior en foto contraste del granito con pátinas biológicas adheridas en un blanco-grisáceo brillante.

Referencias

Archivo de Obras Públicas de la Municipalidad de la Ciudad de La Plata (1940). Expediente Bóveda Tatamanti – O 83 y 84.

Family Search www.familysearch.org Registro de acta de matrimonio (1887) y Acta de residencia (censo 1895)

Lofeudo, Longoni, Dêlage. El monumento funerario al Capitán de Navío Jorge Yalour en el Cementerio Municipal de La Plata. Ciencia y Tecnología de los Materiales, Revista Nº7 LEMIT.

Rosato, Traversa, García, Sota. Presencia de agentes biológicos en puentes de hormigón armado de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Congreso CINPAR, 2014.

LA MINERÍA DE ÁRIDOS Y ROCAS DE APLICACIÓN EN EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDÓN, DESDE LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA

Julio Luis del Río, y Fabricio Oyarbide
Grupo de Investigación Geología Ambiental, Instituto de Geología Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata
julioluisdelrio@gmail.com

El Grupo de Geología Ambiental del IGCyC (FCEyN/UNMDP) desarrolla proyectos de investigación y extensión, desde la integralidad de funciones, sobre riesgo en zonas mineras, contaminación de acuíferos y reciclado de residuos mineros para la producción de cerámicas locales y valoración del potencial paisajístico natural-cultural.

El área de trabajo es la zona Chapadmalal-Batán, una de las cuatro delegaciones municipales del Partido de Gral. Pueyrredon, cuya ciudad cabecera es Mar del Plata. La población se estima en 21.000 habitantes distribuida en centros urbanos y periurbanos, así como en barriadas próximas.

Las características geológicas de esta región posibilitaron el desarrollo de actividades de minería extractiva, que concentraron en gran medida la labor productiva de los propios residentes. Sus inicios se sitúan desde las primeras décadas del siglo XX continuándose hasta la actualidad, manteniendo importancia económica y social. La producción de lajas para frentes, la demanda de piedra para caminos y escolleras así como la elaboración ladrillera representan actividades con un fuerte correlato en la identidad arquitectónica de Mar del Plata.

La minería de rocas de basa en la extracción de la Formación Balcarce. Las rocas aflorantes en la zona son ortocuarcitas y caolinitas que constituyen el principal recurso minero. Esta formación, yace en discordancia bajo los sedimentos limos areno-arcillosos cenozoicos que incluyen al Pampiano y Postpampiano y entre estas secuencias pueden presentarse láminas o concreciones de tosca (carbonato de calcio) como también niveles de ceniza volcánica en forma intercalada sobre los cuales se han generado molisoles de alta fertilidad, constitutivos característicos de la Región Pampeana.

La ortocuarcita, también denominada Piedra Mar del Plata, es explotada comercialmente en forma de áridos, rocas de aplicación, rocas ornamentales o aplicada a usos industriales. Por sus atributos y cualidades, recientemente, ha sido presentada como una roca del patrimonio petrológico global. Posee una fuerte representación histórico-cultural en el patrimonio urbano de Gral. Pueyrredon, materializándose en la construcción de una gran cantidad de viviendas.

Hacia fines de la década de 1950 y principios de los años ´60 fueron detalladamente descriptas unas 20 canteras. La actividad extractiva era simple y directa; y si bien se ha desarrollado en el pasado como una actividad con cierto grado de informalidad, en la actualidad es una actividad fuertemente regulada. A modo de ejemplo, la cantera Industria Minera Del Sud, actual Yaraví Minera perteneciente a Canteras Yaraví S.A (ubicada a 2 km. de la ruta nº 88, Mar del Plata – Necochea y a 20 km. de la ciudad de Mar del Plata) se explotaba en dos niveles con frentes de 200 m de longitud y rumbo N.80º. El nivel inferior tenía una altura de aproximadamente 7 m en el que se distinguen bancos cuarcitas de color gris a pardo rojizo, con intercalaciones de delgadas lentes de arcilla. En la actualidad, la cantera presenta tres frentes de labor con alturas del orden de los 25 m. siendo altamente tecnificada con dos plantas de trituración y clasificación de última generación, una producción diaria superior a las 2200 tn y reservas estimadas en más de 15 millones de tn.

Durante casi cincuenta años no hubo apertura de nuevas canteas de ortocuarcitas en la zona. La más nueva fue abierta en 2013 y corresponde al desarrollo minero Dos Cerros de la empresa Vialsa S.A., con una superficie de 25 ha y un único frente de explotación con dirección NNW-SSE de unos 150 m de longitud; estimativamente sus reservas son del orden de 1.000.000 de tn.

Actualmente, la minería se circunscribe al escenario periurbano dando curso a ciertas disfuncionalidades y discontinuidades de los servicios ecológicos y urbanos, es decir, a interfases campo-ciudad de carácter híbrido, con ambientes cuyas topografías fueron definidos como neoformas y neoecosistemas.

Desde la investigación acción participativa se procura recuperar la memoria de la historia productiva, con sus propios rasgos identitarios como construcción colectiva. Ello, incluye relevar y gestionar las áreas explotadas y abandonadas, con un gran potencial para generar nuevas actividades productivas y con valiosas cualidades de paisaje.