

# Identificación de geositos en el valle de Tafí, provincia de Tucumán, Argentina y su análisis como instrumentos para comprender la historia geológica de la región\*

José Pablo López <sup>□</sup> Walter Manuel Medina <sup>§</sup> Laura Iudith Bellos <sup>¥</sup> Facundo Martínez <sup>‡</sup> 

## Resumen

Los geositos son afloramientos representativos desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural y turístico que permiten reconocer procesos geológicos que participaron en la evolución de una región. El valle de Tafí es una depresión tectónica emplazada en las sierras pampeanas de Argentina, donde se llevaron a cabo numerosos estudios, pero no desde la perspectiva del patrimonio geológico y su divulgación científica. El objetivo fue identificar y analizar los geositos representativos de la geología del valle mediante una metodología que consistió en estudiar aspectos geológicos del área mediante trabajo de campo e identificación de sitios de interés, analizados desde diferentes parámetros para llegar a ser considerados geositos. Se obtuvieron diez geositos que permiten integrar una variedad de litologías y procesos geológicos que se desarrollaron durante 500 millones años y que configuraron el actual paisaje. Se reconocen rasgos que registran procesos magmáticos y tectónicos que participaron en la conformación de los núcleos serranos y procesos modernos que permiten analizar el accionar de los agentes geomorfológicos. Se concluye que cada geosito enriquece los conocimientos geológicos del valle, que estos pueden ser empleados como posibles recursos turísticos y por consiguiente contribuir a la visibilidad y divulgación de su patrimonio geológico, acrecentando su valor natural.

**Palabras clave:** Argentina, conservación, geología, paisaje, patrimonio natural, Tafí del Valle.

**Ideas destacadas:** artículo de investigación que identifica y analiza diez geositos en Tafí del Valle. Se reconocen rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Los geositos son representativos de procesos de la geodinámica interna y externa del valle.



RECIBIDO: 20 DE MARZO DE 2022. | EVALUADO: 15 DE JUNIO 2022. | ACEPTADO: 26 DE MAYO DE 2023.

## CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

López, José Pablo; Medina, Walter Manuel; Bellos, Laura Iudith; Martínez, Facundo. 2025. "Identificación de geositos en el valle de Tafí, provincia de Tucumán, Argentina y su análisis como instrumentos para comprender la historia geológica de la región". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 34 (1): 16-39. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v34n1.101863rcdg>.

\* La presente investigación ha sido financiada mediante el Proyecto PIUNT 26/G623.

□ CONICET - Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán - Argentina. ✉ [lopezjpoo@gmail.com](mailto:lopezjpoo@gmail.com) - ORCID: 0000-0003-2320-7090.

§ Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán - Argentina. ✉ [geomorfoлогия@filo.unt.edu.a](mailto:geomorfoлогия@filo.unt.edu.a) - ORCID: 0000-0002-5388-321X.

¥ Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán - Argentina. ✉ [laubel@csnat.unt.edu.ar](mailto:laubel@csnat.unt.edu.ar) - ORCID: 0000-0002-9249-3492.

‡ Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán - Argentina. ✉ [facundomartinez29@gmail.com](mailto:facundomartinez29@gmail.com) - ORCID: 0000-0001-6412-4502.

✉ Correspondencia: Facundo Martínez, Miguel Lillo 205. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. San Miguel de Tucumán, Argentina.

## Identification of Geosites in the Tafí Valley, Tucumán Province, Argentina and Their Analysis as Tools to Understand the Geological History of the Region

### Abstract

Geosites are representative outcrops from the scientific, pedagogical, cultural and tourist point of view that allow us to recognize geological processes that participated in the evolution of a region. The Tafí Valley is a tectonic basin located in the Pampas Sierras of Argentina, where numerous studies have been carried out from multiple aspects, but not from the perspective of geological heritage and its scientific-touristic dissemination. The objective was to identify and analyze geosites representative of the geology of the valley through a methodology that consisted of studying geological aspects of the area through fieldwork and identification of sites of interest, analyzing different parameters to become considered geosites. 10 geosites were listed that allow the integration of a variety of lithologies and geological processes that had taken place in the last 500 million years and shaped the current landscape. We recognize in these sites features that record magmatic and tectonic processes that took place in the formation of mountain cores and modern processes that allow us to analyze the actions of geomorphological agents. We concluded that each geosite enriches the geological knowledge about the valley, allowing the visibility and dissemination of its geological heritage, increasing its natural value and identifies these geosites as potential tourist resources.

**Keywords:** Argentina, conservation, geology, landscape, natural heritage, Tafí del Valle.

**Highlights:** research article that identifies and analyzes ten geosites in Tafí del Valle. Igneous, metamorphic and sedimentary rocks are recognized. The geosites are representative of internal and external geodynamic processes of the valley.

## Identificação de geossítios no vale de Tafí, província de Tucumán, Argentina e a sua análise como ferramentas para a compreensão da história geológica da região

### Resumo

Os geossítios são afloramentos rochosos representativos de um ponto de vista científico, pedagógico, cultural e turístico que nos permitem reconhecer os processos geológicos que participaram na evolução de uma região. O vale do Tafí é uma depressão tectônica localizada nas Serras Pampeanas da Argentina, onde inúmeros estudos foram realizados, mas não da perspectiva do patrimônio geológico e da sua divulgação científica-turística. O objetivo foi identificar e analisar os geossítios representativos da geologia do vale por meio de uma metodologia que consistia em estudar aspectos geológicos da área através de trabalho de campo preciso. Como resultado foram obtidos 10 geossítios que permitem a integração de uma variedade de litologias e processos geológicos que se desenvolveram ao longo de 500 milhões de anos e que moldaram a paisagem atual. São reconhecidas características que registram processos magmáticos e tectônicos que participaram da formação dos núcleos da montanha e processos modernos que nos permitem analisar as ações dos agentes geomorfológicos. Conclui-se que cada geossítio enriquece o conhecimento geológico sobre o vale permitindo a visibilidade e disseminação do patrimônio geológico, aumentando seu valor natural e identificando estes geossítios como recursos turísticos potenciais.

**Palavras-chave:** Argentina, conservação, geologia, paisagem, patrimônio natural, Tafí del Valle.

**Idéias destacadas:** artigo de pesquisa que identifica e analisa dez geossítios em Tafí del Valle. São reconhecidas rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Os geossítios são representativos dos processos geodinâmicos internos e externos do vale.

## Introducción

La identificación y análisis de geositos en el marco de la temática del Patrimonio Geológico y Geodiversidad se reviste de importancia por considerar la variedad geológica de una región como un bien patrimonial, que debe ser protegido y utilizado de forma sostenible como un recurso.

Esta variedad geológica se exterioriza a través de afloramientos de componentes geológicos que presentan algunas características que las distinguen por sobre el entorno. Estas características corresponden a su litología, mineralogía, edad geológica, belleza paisajística, contenido fosilífero, estructura, registros de procesos ocurridos, etc.

Existen actualmente distintas escalas de análisis de los geositos, por ejemplo el *Global Geosites Project*, promovido por la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (PROGEO) y la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS) con el copatrocinio de la Unesco, que presenta una escala de análisis internacional y plantea identificar cualquier rasgo geológico regional, evento tectónico, metalogenético o de cualquier otra naturaleza, serie estratigráfica, asociación paleobiológica, entre otros aspectos, que represente un evento de la historia de la Tierra de relevancia internacional.

En este sentido, se menciona el trabajo *The first 100 IUGS geological heritage* (2022) donde se presentan tres geositos que se encuentran en territorio argentino: i) el geosito Cretaceous-Paleogene Transition At Seymour (Marambio) Island Antarctica, que representa la mejor evidencia en latitudes altas de la extinción masiva del Cretácico-Paleógeno; ii) el geosito Perito Moreno Glacier, un excelente ejemplo del importante proceso de glaciación, así como de fenómenos geológicos, geomórficos y fisiográficos causados por el avance y retroceso de las glaciaciones durante la época del Pleistoceno; y iii) el geosito Iguazu Waterfalls, es uno de los principales referentes en el mundo en lo que se refiere a cascadas y presenta extensos afloramientos basálticos que se originaron durante la fragmentación del continente primitivo de Gondwana.

Otra escala de análisis es la nacional que lleva el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) que identificó 72 geositos representativos del conjunto de las provincias geológicas argentinas (SEGEMAR 2008), y una tercera escala de análisis es la regional-local como la que se aplica en este trabajo. A su vez, estos geositos pueden ser asociados a peculiaridades de índole natural

tal como registros de formas de vida del pasado en sus variadas formas, entornos naturales con especies endémicas y marcos culturales singulares que pueden generar áreas de visible notoriedad.

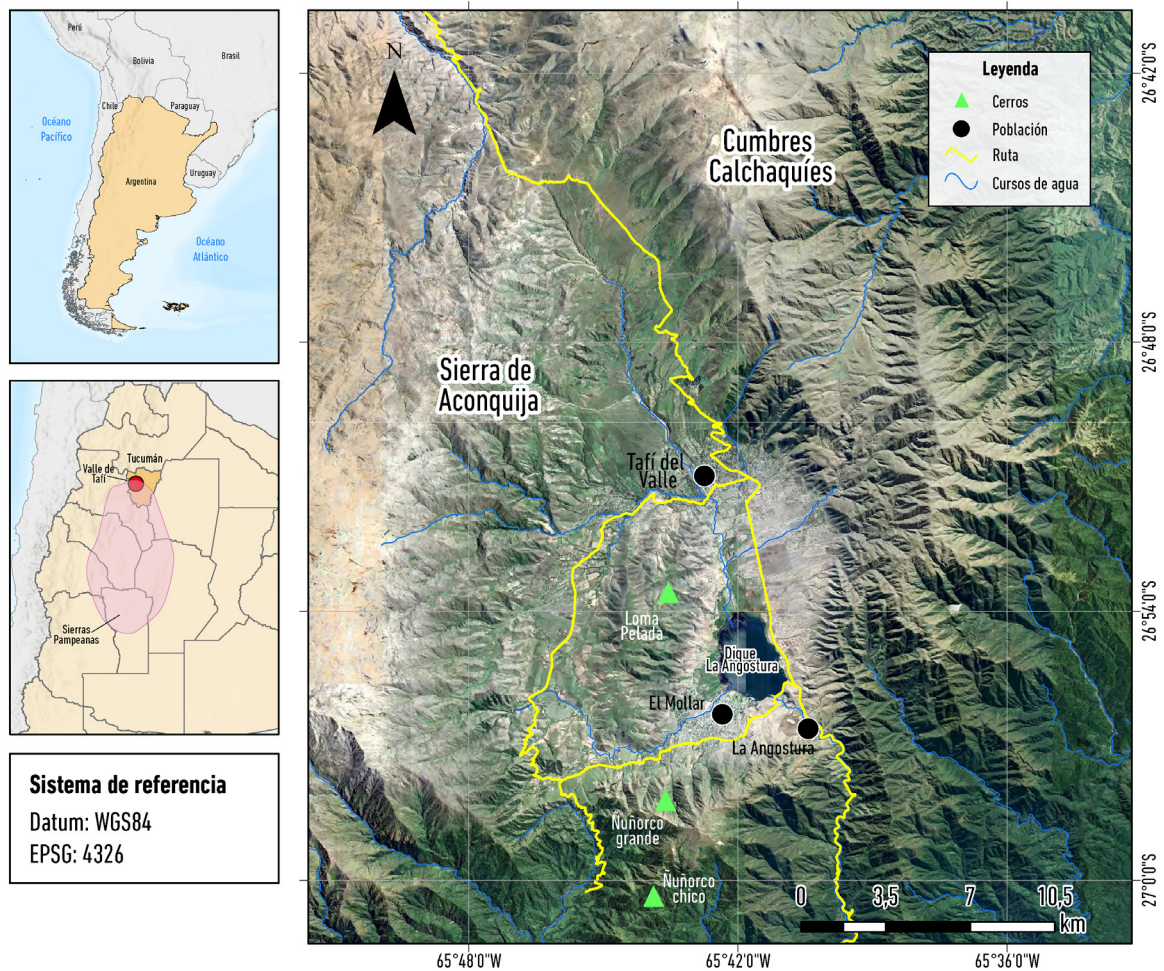
El presente trabajo se desarrolló principalmente en la región del valle de Tafi, en el oeste de la provincia de Tucumán, noroeste de Argentina, y zonas aledañas a unos 105 km la separan de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia, y se encuentra a unos 1.280 km al noroeste de Buenos Aires, vinculadas todas por la Megafractura de Tafi (Baldis, Viramonte y Salfity 1975), la estructura geológica más conspicua de la zona, que, en conjunto, reflejan la rica historia geológica de la región, desarrollada durante más de 500 Ma (Figura 1).

La zona estudiada se encuentra en el extremo septentrional de la región morfoestructural de Sierras Pampeanas Noroccidentales, que consisten en un conjunto de sierras que se extienden en el centro-oeste de Argentina. Las rocas que constituyen estas sierras son asignadas mayormente al Paleozoico inferior, siendo las estructuras antiguas reactivadas durante los movimientos orogénicos del Terciario.

El área de estudio se extiende desde el extremo occidental de la planicie ondulada del piedemonte tucumano, a lo largo del ascenso por la quebrada de Los Sosa, que corresponde a una depresión formada por el río homónimo hasta la entrada al valle de Tafi, durante un recorrido de aproximadamente 30 km. Desde esta cuenca intermontana se continúa la línea de la Megafractura de Tafi, atravesando el abra del Infiernillo, paso montañoso de 3.042 m.s.n.m., que es el punto más alto transitable de la provincia y que une el valle de Tafi con los valles Calchaquíes. En total el área estudiada corresponde a unos 350 km<sup>2</sup> aproximadamente.

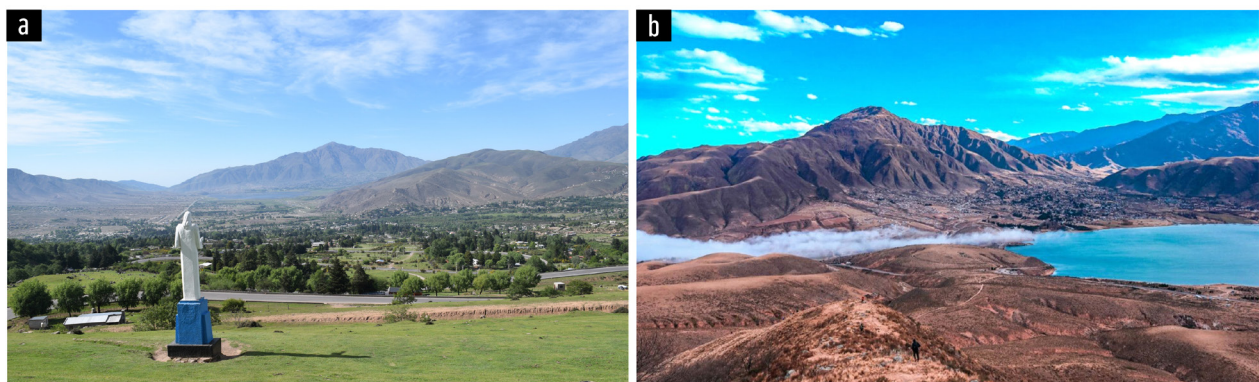
El valle de Tafi consiste en una cuenca intermontana emplazada en el extremo norte de las Sierras Pampeanas Noroccidentales, posee una forma elongada en sentido NNO-SSE, situándose su fondo entre 1.800 y 2.500 m.s.n.m. Está limitada al norte y al este por las cumbres Calchaquíes, mientras que por el oeste y el sur se desarrolla la sierra de Aconquija. El valle corresponde a una depresión tectónica y es atravesado por la mencionada estructura regional (Figura 2).

Crecimiento de la población de Tafi del Valle, tanto de locales como de visitantes nacionales y extranjeros, no ha dejado de crecer; convirtiéndolo en un destino por excelencia en el norte argentino. Según el Observatorio del Turismo tiene una ocupación hotelera del 89 % en las últimas temporadas (con el impase del COVID-19) de los



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio.

Datos: elaborado a partir de imagen satelital de Google Earth (2022).



**Figura 2.** Imágenes del valle de Tafi. a) vista panorámica del valle de Tafi desde el cuadrante noroeste tomada en verano, se ven los suelos enverdecidos debido al estío con mayor nubosidad. b) vista panorámica del valle de Tafi desde el cuadrante suroeste tomada en invierno, se ven los suelos secos debido al estiaje con cielo despejado. Fotografías de López, noviembre de 2021.

cuales el 31 % de los visitantes asegura que eligió a Tafi del Valle como destino por su paisaje y naturaleza, 19 % por el precio, 13 % por sugerencias, 8 % por los atractivos, 28 % otros. A pesar del escenario natural-topográfico que el valle presenta, se observa que la oferta turística no se asocia directamente con el mismo desde su perspectiva geológica y geomorfológica, lo que deja al visitante sin la posibilidad de comprender íntegramente el escenario que observa y disfruta. La geología, muy presente en el paisaje vallisto se encuentra ausente en la oferta turística, así lo demuestran los portales de las agencias turísticas en la información que aportan. Esto motiva a realizar un trabajo que aporte a la difusión de su geología y a la identificación de sitios que pueden ser visitados por los interesados y que permiten a estos, la comprensión de lo que observan y también lograr una condescendencia con el paisaje como producto de procesos que se iniciaron hace unos 500 Ma y que interactuaron con el hombre desde hace 2.500 años.

Si bien existen cuantiosos trabajos referidos a la geología regional y al estudio turístico de la región se espera que esta contribución resigne a los geositos como unidades de análisis que permitan una contribución al conocimiento de los orígenes del paisaje del valle de Tafi y genere el planteo de incorporar y vincular los aspectos geológicos a los atractivos requeridos por los visitantes en este entorno turísticamente consagrado del noroeste argentino.

Algunas preguntas que orientan este trabajo son ¿Qué rasgos geológicos y geográficos permiten identificar los geositos en el valle de Tafi? ¿los geositos analizados contribuyen al conocimiento del patrimonio geológico del valle y de sus zonas aledañas? ¿cómo contribuyen los geositos a la interpretación evolutiva del valle? ¿qué características socioterritoriales permiten identificar valores asociados en los geositos?

El objetivo de este trabajo es identificar y analizar geositos representativos de la geología del valle de Tafi y zonas aledañas que permitan comprender cómo fue el comportamiento de este sector de la geósfera y su interacción con el ambiente en el pasado y también en el presente y con esto contribuir a la divulgación del patrimonio geológico de la zona.

## Antecedentes

Los geositos son aquellos lugares en los que afloran, o son visibles, los rasgos geológicos más característicos y mejor representados de una región. Su conocimiento, inventario,

divulgación y protección es de gran importancia; pues, su degradación puede ser irreversible (Elizaga y Palacio 1996). Un geosito es la ocurrencia de uno o más elementos de la geodiversidad, bien delimitado geológicamente y con valor singular desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, etc. (Brilha 2005). También, este mismo autor, años después, los define como la ocurrencia *in situ* de elementos de la geodiversidad con alto valor científico (Brilha 2015). Un geosito se refiere a aquellos lugares que por su exposición y contenido resultan especialmente adecuados para reconocer e interpretar los procesos geológicos que han intervenido en las etapas evolutivas de una localidad, de una región o de la Tierra misma en su conjunto.

Los trabajos geológicos publicados de la zona de estudio y la región se refieren a la petrología y geoquímica de los intrusivos y del basamento metamórfico, en muchos casos de manera comparativa y considerando el ambiente geotectónico regional (López, Bellos y Piñan Llamas 2014; López et ál. 2014; López et ál. 2018, 2019; Bellos et ál. 2020). Por otra parte, García Salemi (1977) realiza una reseña de la geomorfología de las sierras pampeanas de Tucumán y Catamarca haciendo referencia a las principales formas del relieve de la zona. Peña Monné y Sampietro Vattuone (2018) estudian los paleoambientes holocenos del valle de Tafi a partir de registros morfo-sedimentarios y geoarqueológicos. Gutiérrez y Mon (2004) realizan un aporte sobre la megageomorfología del valle teniendo en cuenta las estructuras reactivadas o desarrolladas durante el Pleistoceno.

Hasta el momento, los trabajos referidos al patrimonio geológico de Tucumán son escasos, destacándose los de Ibáñez Palacios, Ahumada y Páez (2011, 2012) y Ahumada, Ibáñez Palacios y Páez (2003) donde se presentan diversos planteamientos referidos al Patrimonio Geológico en la sierra de Aconquija, Campo de los Alisos, y cuenca del río Lules. Por otra parte, el Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO) desarrolló una georuta en el tramo San Miguel de Tucumán y Tafi del Valle en el que se proponen paradas geológicas sin ahondar específicamente en un análisis desde el punto de vista patrimonial.

Recientemente, López et ál. (2022) proponen dos georutas con base a geositos en el valle de Tafi. A partir de las características de su geodinámica, los autores los agrupan en una georuta litológica y otra georuta geomorfológica, como un recurso para desarrollar el conocimiento espacial y temporal del valle de Tafi a lo largo del tiempo geológico.

## Marco geológico

El valle de Tafí corresponde a una depresión tectónica limitada por las cumbres Calchaquies y la sierra de Aconquija. Estas dos unidades orográficas pertenecen a las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Caminos 1979). El núcleo cristalino de estas sierras consiste principalmente en metamorfitas formadas a partir de sedimentos pelítico-arenosos, de carácter turbidítico, que han sido correlacionadas con las unidades metamórficas del Neoproterozoico tardío/Cámbrico de la Formación Puncoviscana y equivalentes (Turner 1960; Toselli, Aceñolaza y Rossi 2017). Este basamento fue intruido por cuerpos plutónicos del Paleozoico inferior (El Infiernillo, La Ovejera, Los Cuartos, Ñuñorco Grande, Loma Pelada, Pabellón y La Angostura). Las composiciones varían de graníticas a granodioríticas con facies tonalíticas subordinadas. Todo este conjunto litológico es cortado por la Megafractura de Tafí, que se desarrolló en tiempos paleozoicos y que divide a estas cadenas montañosas, con rumbo general NNO-SSE, presentando un desplazamiento vertical normal inclinando al SO y componente horizontal dextral (Gutiérrez y Mon 2004).

Entre fines del Paleozoico y el Cuaternario no se registran eventos geológicos significativos en la zona del valle de Tafí, pero hacia el norte del mismo y dentro de la geografía tucumana (valles de Amaicha y Santa María) se desarrollaron procesos de depositación sedimentaria correspondientes al Eoceno (Formación Saladillo) y Mioceno/Plioceno (Grupo Santa María).

El material cuaternario del valle de Tafí se encuentra ampliamente representado en los valles intermontanos de altura; los depósitos se caracterizan por una secuencia de loess y paleosuelos denominada Fm. Tafí del Valle (Collantes, Powell y Sayago 1993) de edad Pleistoceno tardío-Holoceno inferior. El Cuaternario se caracterizó por un rápido ascenso de las sierras que provocó una intensa erosión de la cubierta sedimentaria precuaternaria y del basamento, dando lugar al relleno de cuencas y valles intermontanos, procesos que continúan en la actualidad (Nieva y Aceñolaza 2014). La secuencia sedimentaria indica una gran variabilidad climática al final del Pleistoceno hasta el Holoceno, con alternancia de periodos húmedos y cálidos con otros fríos y secos (Zinck y Sayago 1999). Los registros más modernos corresponden a arenas gruesas, gravas y material bioturbado que da lugar a acumulación de laderas, terrazas fluviales y conos aluviales de edad holocena. Intercalado con estos depósitos se encuentran cenizas

volcánicas en bancos de más de 1 metro de potencia, datados en 10.000 años, que representan la actividad volcánica en zonas aledañas.

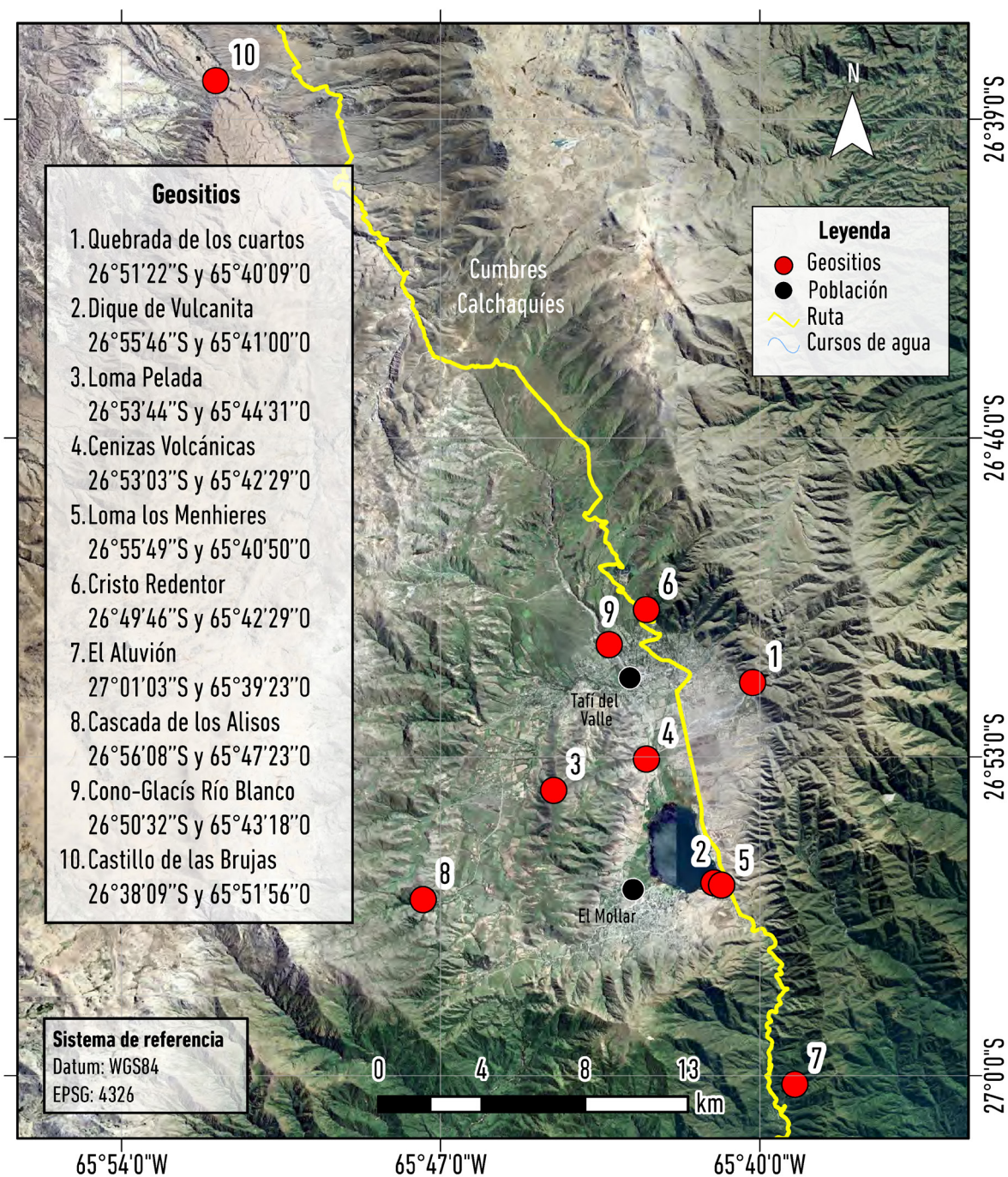
La variedad litológica y de procesos geológicos del valle de Tafí se complementa con sitios relevados en zonas aledañas donde se reconocen rocas sedimentarias que no tienen representación en la zona de Tafí del Valle y son de importancia a la hora de complementar el conocimiento de los procesos geológicos de la región, y que además permiten la observación de procesos de remoción en masa, característicos de esta región montañosa.

## Metodología

El trabajo se desarrolló a partir del método inductivo, basado en la observación, caracterización y análisis de los elementos relevados en el área, en un contexto disciplinar dominado por la geología y la geografía ambiental sustentabilidad y análisis del paisaje. Consistió en una revisión bibliográfica donde se analizaron temas generales referidos a la geología, geografía física, patrimonio geológico y geosítios del noroeste argentino, puntualmente del valle de Tafí.

Con base al conocimiento previo de la zona, a la revisión bibliográfica, y a la observación de imágenes satelitales, se logró un reconocimiento topográfico y geomorfológico del área de estudio, que permitió la identificación un listado de geosítios a trabajar en esta investigación. Posteriormente, se realizaron salidas de campo, a fin de reconocer e identificar puntos destacables de la geología del lugar. En esta instancia, se visitaron los diez sitios previamente identificados que, a partir del análisis de las características que los llevan a diferenciarse de su entorno, son llamados geosítios (Figura 3). Se realizó un proceso de inventario en el que se utilizaron fichas estructuradas con el fin de ordenar la información obtenida en el campo y se optó por realizar un análisis de tipo cualitativo que permitió obtener como resultados un conocimiento profundo de los geosítios, que responden a los siguientes parámetros:

1. Ubicación: se sitúa al geosítio en un espacio georreferenciado y se acompaña con una descripción del acceso.
2. Descripción: se explica de manera detallada y ordenada el geosítio. Los aspectos a tener en cuenta, principalmente, son los geológicos y geomorfológicos.
3. Importancia: se identifica lo relevante o destacado del sitio. Se considera su significación en el ambiente, su repercusión, trascendencia de sus escritos.



**Figura 3.** Mapa de ubicación de los diez geositos analizados con sus respectivas coordenadas geográficas.

Datos: elaborado a partir de imagen satelital de Google Earth (2022).

4. Interpretación evolutiva: busca interpretar la historia geológica y procesos del sitio.
5. Divulgación científica: aporta información accesible de índole científico dirigido a las personas interesadas en entender sobre la geología del valle.
6. Valor asociado: los geositos no se encuentran solos en el ambiente, sino que forman parte de un contexto geológico-cultural que los rodea. Se mencionó, en aquellos casos que lo requirieron, elementos que brindan un valor extra al sitio de forma indirecta.

La implementación de estos parámetros permitió lograr una organización y análisis de los datos cualitativos de cada geositio.

Se debe aclarar que en los geosítios no hubo limitaciones de superficie y fueron tomados de acuerdo con sus dimensiones y extensiones, por lo que se catalogaron en geosítios puntuales y panorámicos. Los puntuales son aquellos en los que afloran o son visibles los rasgos geológicos más característicos y mejor representados de la región. Mientras que los panorámicos son aquellos sitios con rasgos geológicos que se distinguen a partir del amplio horizonte visual que cubren (Elizaga y Palacios 1996).

## Resultados

A partir de las características geológicas de la región estudiada tanto en gabinete como in situ, se identificaron y analizaron diferentes geosítios que revelan la existencia de un íntegro patrimonio geológico en el valle de Tafi y zonas aledañas. Siguiendo a Bilha (2015), se aclara que el inventario presentado a continuación de geosítios es dinámico, es decir, se pueden sumar o retirar geosítios.

La información de cada geositio es presentada con rigurosidad científica y a la vez asequible, a fin de complementar el atractivo natural de la zona con una disciplina científica, como la geología, buscando enriquecer el interés de los visitantes. De este modo, se aporta un análisis hasta el momento no aplicado en el área en vista a contribuir al reconocido valor turístico del valle. Los geosítios como resultados de este trabajo de investigación son los siguientes:

### Geositio quebrada de Los Cuartos

1. Ubicación: se sitúa en la ladera occidental de Cumbres Calchaquies, a la latitud de Tafi del Valle, en el faldeo de la sierra de Mala-Mala y se accede desde la RP307 por medio de la Av. Lola Mora, a la altura del Hotel Mirador de Tafi. Las coordenadas del inicio de la quebrada son: 26°51'22" S y 65°40'09" O.
2. Descripción: a lo largo de un recorrido por el cauce del río se reconocen afloramientos de rocas metamórficas típicas de la región de Cumbres Calchaquies (Figura 4a). Se pueden reconocer minerales índices (biotita, granate, estaurolita) que indican las distintas condiciones físicas de formación de las rocas, así como las principales características texturales de las mismas. Estas rocas constituyen el basamento metamórfico y guardan los registros más antiguos de la historia geológica de la región, conformando el núcleo cristalino

de las sierras, talladas, más recientemente por procesos tectónicos terciarios. Al final del recorrido se llega a una zona de grandes paredones en los que se reconocen numerosos ejemplares bien desarrollados del mineral estaurolita, de varios centímetros de longitud y en muchos de los cuales se observa la característica macla en cruz (Figura 4b y 4c).

3. Importancia: en el contexto evolutivo regional, la quebrada de Los Cuartos es un ejemplo típico de zonas metamórficas de mediana relación presión-temperatura, con la aparición de minerales índices que definen isogradas minerales y dan lugar al desarrollo de las clásicas zonas del metamorfismo barrowiano. En la boca de la quebrada, se reconoce la "zona de la biotita", que indica el más bajo grado metamórfico y adentrándose en la quebrada, es factible identificar la "zona del granate", con un aumento de las condiciones de presión-temperatura (P-T); ambas representativas del bajo grado metamórfico y más adelante se observa el desarrollo de estaurolita, que marca la "zona de la estaurolita" que indica el inicio del grado medio (Figuras 4b y 4c) (López, Bellos y Piñan Llamas 2014 y López et ál. 2019).
4. Interpretación evolutiva: estas metamorfitas se originaron a partir de sedimentos depositados en un ambiente de mar poco profundo (mar de Puncoviscana) hace más de 540 millones de años (Rapela et ál. 2007), sufriendo un aumento de presión y temperatura relacionado a un conjunto de procesos de sedimentación, tectonismo y metamorfismo acaecidos en la región durante el Neoproterozoico tardío-Cámbrico inferior (540-520 millones de años) y el Cámbrico superior-Devónico inferior (490-400 millones de años) conocidos como ciclos pampeano y Famatiniano (Aceñolaza y Toselli 1981), respectivamente. La recristalización de las rocas alcanzó temperaturas del orden de los 600 °C y a presiones de 6 Kbar en un contexto de metamorfismo regional progresivo (López et ál. 2019).
5. Divulgación científica: en este geositio es posible reconocer las principales características de uno de los tres grandes grupos de rocas que constituyen la corteza de la Tierra, el de las rocas metamórficas, y que muestra evidencias de los esfuerzos que acontecen en el interior de la corteza. Las rocas metamórficas que afloran en el área, presentan el desarrollo de estructuras planares y la disposición orientada de minerales que resultan de la acción de presiones dirigidas que tuvieron lugar en el ambiente endógeno y contribuyeron a su desarrollo. También es posible identificar



**Figura 4.** Quebrada de Los Cuartos: a) vista del cauce del río Los Cuartos; b) paredón de metamorfitas con estauroлитas; c) detalle de los cristales; d) cascada ubicada al final de la quebrada; e) geosito Dique de Vulcanita, dique andesítico cortando el basamento metamórfico; f) geositos Loma Pelada y Cineritas; g) afloramientos del Granito Loma Pelada, se observan depósitos de cineritas en su base; h) vista panorámica hacia el sureste del valle desde la zona cumbral de Loma Pelada. Fotografía de López, noviembre de 2021.

fenoblastos de estaurólita que indican las máximas condiciones de presión y temperaturas de las rocas de la región (López et ál. 2019).

6. Valores asociados: en este sitio es posible realizar un recorrido de baja dificultad a pie sobre el cauce del arroyo, de aproximadamente 2 km de distancia con un desnivel de 150 metros. Durante el mismo, además de reconocer las características geológicas que dan importancia al sitio, se puede disfrutar del entorno natural pues presenta unos pintorescos saltos de agua, unos 300 metros aguas arriba desde donde se halla el paredón de estaurólitas (Figura 4d). Adicionalmente se puede realizar la subida a la mesada que se encuentra al noreste, lo que permite obtener una magnífica vista panorámica de la villa turística de Tafi del Valle. A la misma se accede desviándose del cauce principal del arroyo por un pequeño tributario.

### Geosítio Dique de Vulcanita

1. Ubicación: el geosítio se encuentra en el paredón rocoso sobre el que apoya el cierre del dique La Angostura, (RP355 que conecta la localidad de El Mollar con la RP307). Sus coordenadas son 26°55'46" S y 65°41'00" O.
2. Descripción: la roca que se reconoce sobre el camino corresponde a esquistos bandeados del basamento de bajo grado metamórfico (López et ál. 2014). La particularidad es que, en un sector del mismo, se emplazan un par de diques de rocas volcánicas de 1,5 metros de potencia cortando discordantemente la estructura metamórfica (Acosta, Laskowski y López 2007; Figura 4e).
3. Importancia: las rocas metamórficas se reconocen por su fábrica bandeda en la que alternan capas de color negro en las que se observan minerales micáceos orientados preferencialmente, con otras de color más claro, en la que se desarrollan minerales félsicos. Cortando a estas rocas se disponen los diques volcánicos, de color gris oscuro, que se clasifican como andesitas y presentan textura porfiroafanítica con abundantes fenocristales de hornblenda de hábito prismático de varios milímetros de longitud (Acosta, Laskowski y López 2007). Estos diques volcánicos son los únicos ejemplos en su tipo en el área de estudio.
4. Interpretación evolutiva: estos diques representan la escasa actividad volcánica que se registró en el valle de Tafi y se relaciona tentativamente, con eventos extrusivos de edad terciaria que tuvieron su máxima expresión en el suroeste del área, en el denominado Complejo Volcánico Farallón Negro, al oeste de la sierra de Aconquija. Los magmas ascendieron hasta niveles

poco profundos de la corteza a través de fracturas generadas en las rocas metamórficas que los alojan. Otras evidencias de actividad volcánica en la zona del valle de Tafi, pero más moderna, lo constituyen los abundantes niveles de tobas correspondientes a material piroclástico que se deposita durante el Cuaternario, alternando con depósitos de loess y que tendrían una antigüedad de 10.000 años (Peña Monné y Sampietro Vattuone 2018) y que se analizan posteriormente.

5. Divulgación científica: en el afloramiento es posible identificar las características propias de las rocas ígneas volcánicas, como es el desarrollo de cristales de muy pequeñas dimensiones, no reconocibles a ojo desnudo, que constituyen la matriz de la roca y que indican una alta tasa de enfriamiento del magma en condiciones superficiales. Este tamaño de grano es distintivo porque permite diferenciarlas de las rocas también de origen ígneo, pero de emplazamiento profundo, con una velocidad de enfriamiento mucho menor, donde los minerales cristalizan en tamaños mayores que permiten reconocerlos a simple vista. Este geosítio permite introducir al visitante en conceptos relacionados con los procesos endógenos de formación de rocas.
6. Valores asociados: este geosítio presenta factores adicionales como: i) paisajístico, si bien este sitio no presenta una explanada amplia para una parada prolongada, en este se puede realizar una observación panorámica de las dimensiones del dique La Angostura y del cerro Loma Pelada justo al frente; ii) turístico, centrado en la complementariedad con el atractivo turístico que constituye el dique La Angostura y la vista panorámica del valle desde este punto. Además, el acceso se realiza por medio de un camino pavimentado en perfectas condiciones hasta el mismo punto de observación.

### Geosítio Loma Pelada

1. Ubicación: el geosítio se localiza en la zona cumbral del cerro Loma Pelada, al que es posible acceder a pie o a lomo de mula por sendas de animales desde la villa de Tafi (vía Cerro de la Cruz) o bien desde la ladera oriental (vía Cementerio) a la que se llega por un camino vecinal consolidado de 1,5 km, desde la RP307. Las coordenadas geográficas del geosítio son 26°53'30,78" S y 65°44'3,98" O.
2. Descripción: el cerro Loma Pelada está constituido mayoritariamente por un intrusivo ígneo, de composición

granítica en el que se reconocen dos facies principales, una de dos micas (muscovita y biotita) y otra biotítica, además de otras facies menores, con granate, con turmalina y una facies póstuma que da lugar a la formación de diques pegmatíticos (López, Bellos y Piñan Llamas 2014). En las inmediaciones del cementerio se observa una quebrada este-oeste muy notoria, de carácter tectónico, que marca la división entre las dos facies más importantes: dos micas al norte y biotita al sur. Una caminata corta, con grado de dificultad baja a media por la quebrada permite reconocer ambas facies, identificando los minerales que caracterizan cada una, además de texturas y estructuras típicas de estas rocas (Figura 4f y 4g).

3. Importancia: los estudios petrológicos, geoquímicos y geocronológicos de este cuerpo junto al de otros intrusivos de la zona, permitieron caracterizar la intrusividad paleozoica en la región. Particularmente el Granito Loma Pelada, fue ampliamente estudiado y aún provee material científico para diferentes análisis geológicos del magmatismo paleozoico. Este granito de edad ordovícica intruye al basamento metamórfico constituido por esquistos bandeados de grado bajo y medio, como lo atestiguan los minerales índices biotita, granate y estauroлита (López et ál. 2014; López et ál. 2019) que se reconocen tanto en afloramientos del norte, cerca del puente de La Banda como en el extremo sur, en la localidad de Ojo de Agua.
4. Interpretación evolutiva: en este geosito puede reconocerse una parte importante de la génesis del basamento ígneo-metamórfico de la región. Las rocas metamórficas del basamento fueron intruidas por cuerpos graníticos generados por un magmatismo principalmente contemporáneo con el ciclo Famatiniano que originó fusión de la corteza, formación de magmas graníticos y el ascenso, diferenciación magmática y emplazamiento de los mismos a una profundidad de aproximadamente 5 km (López et ál. 2018). El granito Loma Pelada está compuesto por Pl, Qz, Kfs, Bt y/o Ms como minerales más abundantes (abreviaturas minerales según Whitney y Evans 2010). La mayoría de los intrusivos de la región, son similares a este plutón y presentan facies leucograníticas (Bellos et ál. 2020). Las facies que componen cada uno de estos intrusivos, al ser analizadas en conjunto, evidencian relaciones geoquímicas que permiten proponer un modelo de intrusividad para el Paleozoico inferior de la región (López et ál. 2018). Los datos geocronológicos indican

edades de  $470 \pm 10$  Ma para la Loma Pelada (Sales, Petronilho y Kawashita 1998).

5. Divulgación científica: en este afloramiento es posible identificar claramente las características texturales de las rocas ígneas plutónicas, que las diferencian de otras rocas como las rocas volcánicas y las rocas metamórficas. El desarrollo de cristales de tamaño reconocible a simple vista indica una cristalización lenta y en profundidad. La visita a este sitio junto al del dique de Vulcanitas permite identificar los principales procesos de formación de las rocas ígneas y discutir sobre las condiciones que intervienen en la formación de rocas plutónicas y volcánicas.
6. Valores asociados: adicionalmente en este geosito se puede apreciar su aspecto: i) paisajístico, el sitio constituye un excelente mirador natural desde el lugar puntual donde se halla el mismo. Sin embargo, esto se potencia aún más debido a los numerosos senderos que permiten acceder hasta su punto de máxima elevación (2.900 m.s.n.m.) donde se pueden realizar avistamientos a 360° debido a la posición estratégica de este macizo granítico respecto al valle, pudiendo observarse los principales cordones montañosos que rodean la zona, así como sus valles intermontanos (Figura 4g); ii) geomorfológico, en las laderas del geosito se reconocen geoformas de erosión fluvial retrocedente (cárcavas) (García Salemi, 1977, Peña Monné y Sampietro Vattuone 2018); iii) arqueológico, es interesante destacar que en una zona del geosito se reconocen elementos arqueológicos como morteros tallados en la roca.

## Geosito Cineritas

1. Ubicación: el geosito se ubica en las inmediaciones del conocido cementerio de Ojo de Agua sobre la ladera oriental del cerro Loma Pelada (Figuras 4g y 4h), al que se accede por un camino vecinal consolidado de 1,5 km, desde la RP307. Sus coordenadas son  $26^{\circ}53'03''$  S y  $65^{\circ}42'29''$  O.
2. Descripción: el término cinerita se refiere a material piroclástico formado durante un evento volcánico de tipo explosivo y compuesto mayoritariamente por material de tamaño ceniza (menor a 2 mm). El mismo es transportado por el viento, depositándose por efecto de la gravedad, lo cual genera depósitos estratificados, bien seleccionados y clastosoportados. Estas características pueden ser obliteradas debido al retrabajado de estos depósitos por efecto del agua

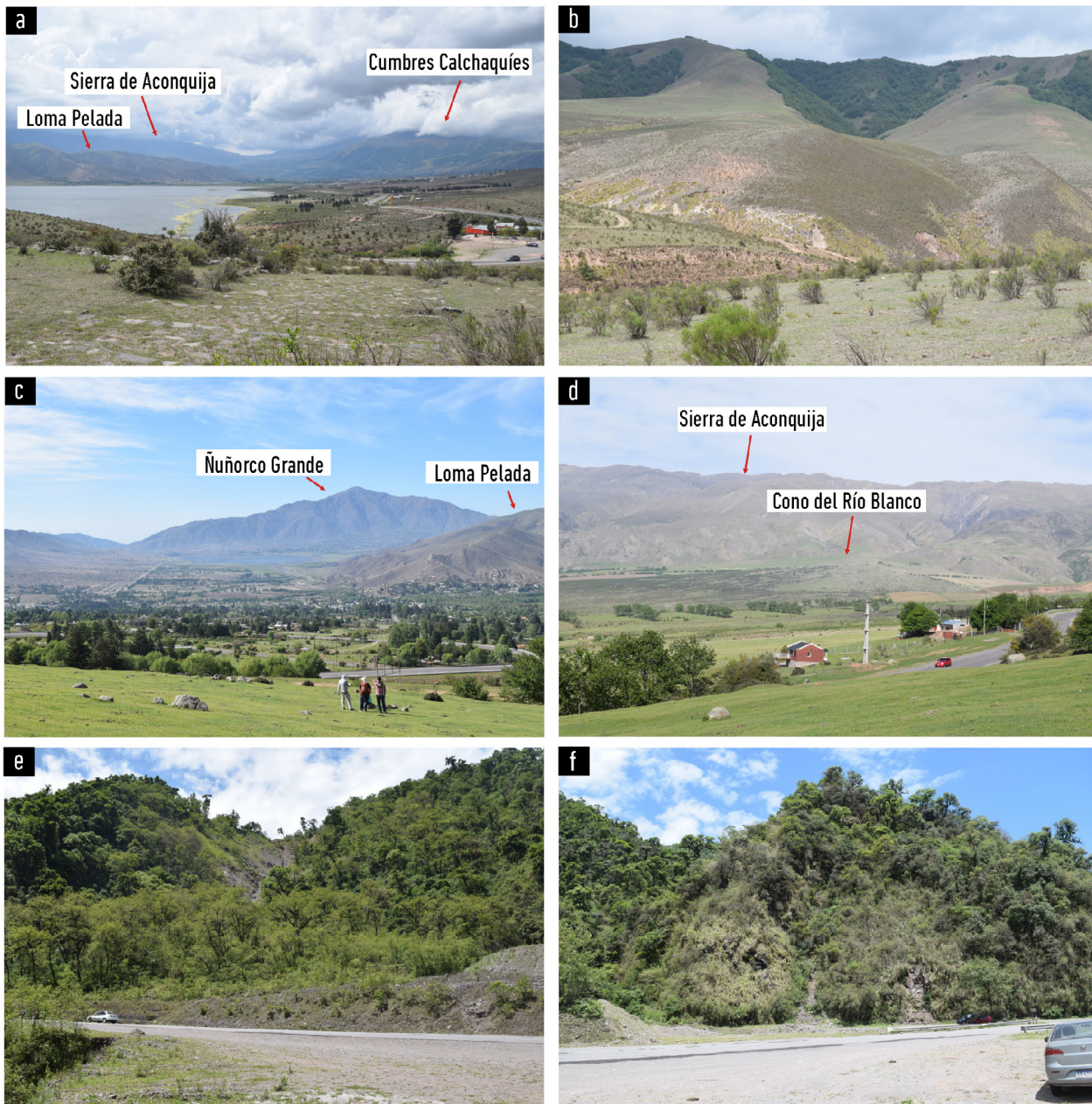
y el viento. Se encuentran intercalados con rocas del Cuaternario y su origen se encontraría fuera del valle (Figura 4g). Son depósitos de color blanco, algo friables compuestos por cineritas y eolocineritas, transportadas por el viento, y depositadas en un medio subácueo (García Salemi 1977).

3. Importancia: la importancia de este geosítio se fundamenta en que es un registro de un tipo particular de depósito de origen piroclástico denominado “depósito de caída” que se generó por una actividad volcánica de tipo explosivo. Además, es un registro de actividad volcánica en una zona que carece de afloramientos de este tipo, evidenciando actividad volcánica cuaternaria, procedente de centros volcánicos de la región como pueden ser los de Hualfín, Farallón Negro, Agua Tapada, o de la Puna (García Salemi 1977). En algunos casos, las cenizas se adaptan a una topografía erosiva. Su espesor es máximo en el interior de algunas quebradas (hasta 8 m de potencia) y disminuye hacia los conos aluviales, donde alcanzan 10-40 cm (Peña Monné y Sampietro Vattuone 2018).
4. Interpretación evolutiva: en el valle de Tafi se encuentran depósitos cineríticos: la presencia de una capa de cenizas volcánicas formando la separación entre acumulaciones de laderas, terrazas fluviales y conos aluviales más antiguos, con espesores de 12-20 cm, a veces con niveles más arenosos intercalados alcanzando hasta 40 cm de grosor. Por su posición estratigráfica estas tefras corresponderían a un evento volcánico que habría acontecido aproximadamente hace unos 10.000 años (Peña Monné y Sampietro Vattuone 2018).
5. Divulgación científica: en este geosítio puede observarse material producido por un vulcanismo explosivo a kilómetros de distancia y transportado por el viento hasta su lugar de depositación. Es un punto ideal para desarrollar conceptos como el transporte de material por acción eólica y su depositación por gravedad, procesos que originan los denominados depósitos piroclásticos de caída. Es un sitio, además, muy importante para afianzar conceptos fundamentales de la geología, como la Ley de Superposición de Estratos, al encontrarse este material intercalado con depósitos sedimentarios cuaternarios.
6. Valor asociado: i) cercanía con el Granito de Loma Pelada que intruye al basamento metamórfico (ver geosítio Loma Pelada); ii) cultural, en relación al valor geológico/cultural, debe notarse que el geosítio se encuentra en la cercanía al cementerio de Ojo de Agua que es un lugar de gran interés religioso y folclórico

para las comunidades del valle y un atractivo turístico para los visitantes. Justamente esta característica hace que el lugar presente no muy buenas condiciones de limpieza.

### Geosítio Loma de Los Menhires

1. Ubicación: este geosítio es de tipo panorámico y su punto de observación se encuentra sobre la Loma de Los Menhires que se ubica sobre la RP307, en la entrada del valle. Es un excelente mirador natural desde donde se tiene una vista panorámica del valle. Sus coordenadas son 26°55'49" S y 65°40'50" O.
2. Descripción: es una loma de baja altitud emplazada en la ladera oriental del cerro Ñuñorco Grande. Se encuentra cubierta de material loésico y puede ser recorrida a pie a lo largo de 1,5 km hasta llegar a su parte más alta, con un grado de dificultad bajo. Desde allí se pueden realizar varias consideraciones geológicas relacionadas con la tectónica, el paisaje y la historia geológica.
3. Importancia: radica en las observaciones geológicas que desde aquí pueden realizarse. En primer lugar, se observa la traza de la Megafractura de Tafi, estructura tectónica reactivada durante el Terciario, que divide las unidades montañosas de Cumbres Calchaquies al este y sierra de Aconquija al oeste, desarrollándose sobre su traza el valle fluvial, como consecuencia de la actividad de los ríos principales Amaicha, Tafi y Los Sosa y numerosos afluentes secundarios (Figura 5a). Además, desde este geosítio se observan las Cumbres del Muñoz constituidas por rocas metamórficas de bajo a mediano grado metamórfico, con desarrollo de zonas de biotita y granate, y localmente por rocas migmatíticas generadas por procesos de fusión parcial relacionados con los ciclos tectonomagmáticos Pampeano y Famatiniano (López, Bellos y Piñan Llamas 2014, López et al. 2019). Durante este último también tienen lugar intrusiones ígneas de edad cámbrica y ordovícica (López et al. 2018, Bellos et al. 2020).
4. Interpretación evolutiva: este geosítio se ubica sobre la Megafractura de Tafi, que tuvo un importante rol en la historia geológica de la región. Esta estructura regional, estuvo activa en tiempos paleozoicos contribuyendo a la configuración estructural de la región y permitiendo el ascenso de fundidos magmáticos y su posterior emplazamiento conformando algunas de las rocas plutónicas que afloran a lo largo de su traza como El Indio, La Angostura, Ñuñorco Grande, Loma Pelada y El Infiernillo (López et al. 2014). También



**Figura 5.** Geositio Loma de Los Menhires: a) vista panorámica del valle y de la traza de la Megafractura de Tafi; b) geoformas c) y d) vistas desde el geositio Cristo Redentor. Geositio El Aluvión: e) superficie de despegue del material colapsado; f) material acumulado luego del deslizamiento.

Fotografías de López, noviembre de 2021.

en esta estructura se centran los procesos tectónicos modernos, relacionados con el ciclo Ándico (Cretácico medio-actualidad) que habrían configurado la geografía actual de los núcleos montañosos (Gutiérrez y Mon 2004) y del material depositado en las cuencas terciarias y cuaternarias.

5. Divulgación científica: en la Loma de Los Menhires es posible realizar actividades educativas a grupos de

diferentes niveles de formación geocientífica: i) en los de menores conocimientos se puede poner énfasis en las formas geomorfológicas fácilmente reconocibles, en la traza de la Megafractura de Tafi y en los procesos de formación de relieve; ii) mientras que en grupos de mayores conocimientos se pueden realizar apreciaciones más detalladas que involucran los procesos de geodinámica interna y externa involucrados en el

desarrollo del relieve y las geoformas, conceptos de tectónica y neotectónica, tiempo geológico, etc.; finalmente, desde este lugar también se puede explicar la historia geológica de la región.

6. Valores asociados: además de lo expuesto, en este sitio se puede disfrutar de aspectos i) paisajístico, hacia el norte se observa la localidad de El Infiernillo, punto más alto del camino y divisoria de aguas entre el río Tafi, que discurre hacia el sur y el río Amaicha, al norte, desde este punto se puede distinguir la litología que compone el núcleo de las sierras: rocas metamórficas en la ladera de Cumbres Calchaquies y sierra del Aconquija e ígneas plutónicas, en Loma Pelada; también desde allí se observa el material loésico de cobertura del valle. De este mirador pueden explicarse los procesos de formación de cada tipo de roca, sus características distintas y señalar los puntos donde afloran cada una de ellas, también son visibles muchas de las geoformas que dan lugar al paisaje del valle: conos fluviales, glacis, cárcavas, terrazas fluviales y terracillas (Figura 5b; García Salemi 1977, Collantes y Busnelli 2014, Peña Monné y Sampietro Vattuone 2018); ii) arqueológico, en este sitio se pueden introducir conceptos arqueológicos relacionados a Los Menhires, su posible significado para los pueblos originarios y su historia reciente relacionada a su actual emplazamiento; iii) turístico, la Loma de Los Menhires forma parte del circuito turístico del valle y le añade interés geológico al atractivo paisajístico del mismo; iv) cultural/religioso, el valor cultural del geosítio está relacionado con la historia de Los Menhires, de gran significado religioso para los pueblos originarios de la región.

### Geosítio Cristo Redentor

1. Ubicación: este geosítio es de tipo panorámico y su punto de observación se encuentra sobre la lomada en donde se encuentra el Cristo Redentor, sobre la RP307 en dirección a Amaicha del Valle. Sus coordenadas son: 26°49'46" S y 65°42'26" O.
2. Descripción: desde este geosítio se puede identificar las áreas más elevadas de la sierra de Aconquija que corresponden al sector occidental de las divisorias de agua del valle, como también se logra reconocer importantes geoformas típicas del ambiente geomorfológico de Tafi del Valle (Figuras 5c y 5d), por un lado, el río Tafi como colector principal y por otro las unidades morfogénicas y litogeomorfológicas. Se observa al río Tafi descender desde su curso alto hasta ocupar la parte media de la depresión y escurrir probablemente,

por una falla de rumbo NNO-SSE, recostado contra la Loma Pelado en su curso medio. En la zona más ancha del valle el río desarrolla cursos meandrosos, con canales anastomosados en las cercanías del embalse, con bajo caudal y transporte de rodados de reducido tamaño. Hacia el margen izquierdo del río se observan extensas superficies planas levemente convexas con pendiente general de 4°. Estos glacis se encuentran profundamente disectados por los cursos de agua que los recorren. Corresponden a glacis cubiertos (cenoglomerados), glacis de erosión (loess y paleosuelos) y depósitos de abanicos aluviales (conglomerados). En el margen derecho del río se observan depósitos de cono-glacis (fanglomerados) y abanicos aluviales activos e inactivos (Collantes y Sayago 1987).

3. Importancia: se fundamenta en que este punto de observación se encuentra en la parte alta de un barranco, sobre una terraza fluvial, permitiendo una observación regional. Desde allí se puede explicar el desarrollo del valle en el contexto de la historia geológica de la región que incluye los procesos más antiguos que llevaron a la formación de las rocas que constituyen los núcleos serranos y su modificación por un tectonismo regional y local, así como también de procesos más modernos que tuvieron influencia en la actual configuración del paisaje (Nieva y Aceñolaza 2014). Además, permite observar el accionar de los agentes geomorfológicos, la exhumación de los cauces provocadas por neotectónica, las unidades morfogénicas de origen denudativas y de origen fluvial y las unidades litogeomorfológicas, las cuales atestiguan los ambientes del pasado (paleoclimas) como también la dinámica climática actual.
4. Interpretación evolutiva: en el Pleistoceno superior se inicia la génesis de los glacis, cuyas partes terminales se encuentran modeladas en terrazas del río Tafi, lo que indica que estas acumulaciones son formas heredadas y se encuentran actualmente en proceso de destrucción (García Salemi 1977). En el Cuaternario inferior en un ambiente húmedo posglacial se manifiesta el desarrollo de los cono-glacis. Estas formas se consideran indicadoras de las condiciones paleoambientales bajo las que se desarrollaron (Collantes 2001). De este modo, los cono-glacis presentan dimensiones que corresponden a un ambiente más húmedo que al actual, mientras que en el Holoceno superior la forma característica son las terrazas fluviales y conos aluviales (Collantes y Sayago 1987).
5. Divulgación científica: desde este sitio es posible reconocer las principales geoformas del valle y examinar

los procesos que actuaron en su formación y evolución. Es factible observar la acción de los diferentes agentes de la geodinámica externa y discutir sobre su importancia en el modelado de los paisajes.

6. Valores asociados: además de lo expuesto, en este sitio se puede disfrutar de aspectos i) paisajístico, desde el geosítio se obtienen espectaculares vistas panorámicas de las villas turísticas de El Mollar y Taquí del Valle, así como de los cordones montañosos que las rodean; ii) deportivo, desde este geosítio es posible iniciar un recorrido por una senda de alta dificultad que recorre un abrupto filo que lleva a la cumbre del Cerro Pabellón (3.700 m.s.n.m.); iii) arqueológico, en las inmediaciones del sitio es posible reconocer restos arqueológicos pertenecientes a la “Cultura Taquí” principalmente las típicas viviendas con forma circular construidas en piedra (Manasse 2006). Aproximadamente a los 3.400 m.s.n.m. sobre la senda a la cumbre se puede observar enclavada en una pequeña meseta restos de pircas circulares que denotan el pucará. Los círculos se distinguen a simple vista y dan una idea del tamaño de la ciudadela, desde donde se controlaba el paso hacia la cumbre y se tenía una visión panorámica de casi todo el valle (Montilla Zavalía 2021).

### Geosítio El Aluvión

1. Ubicación: este geosítio se encuentra sobre la RP307 que une, a través de la RN38, el valle de Taquí con la ciudad de San Miguel de Tucumán. Sus coordenadas son 27°01'03" S y 65°39'23" O.
2. Descripción: el aluvión consiste en un desplazamiento de masa de suelo provocado por un exceso de agua en un terreno con fuerte pendiente, donde la gravedad es el actor principal (Figuras 5e y 5f). Este proceso es esencialmente gravitacional, en el cual una parte de material se desplaza a una cota inferior a la de su origen, cuando las fuerzas estabilizadoras son superadas por las desestabilizadoras. El deslizamiento registrado corresponde al movimiento de materiales sobre una pendiente pronunciada con un desnivel de 171 metros desde la cicatriz de despegue hasta la RP307. El área afectada es de 150 metros de ancho siguiendo la línea de ruta y 130 metros desde la ruptura de pendiente hasta el barranco generado por el río Los Sosa.
3. Importancia: radica en que constituye un ejemplo de riesgo geológico. Se reconocen deslizamientos de suelos, típicas geoformas de la región montañosa que pueden observarse a lo largo del camino, que a

esta altura de la ruta toma gran dimensión. En este geosítio puede distinguirse el proceso de remoción en masa, con un ejemplo relativamente reciente y en el que se conjuga además la posibilidad de observar el perfil y características de un río de montaña; las características de observación son óptimas y es factible recorrer a pie las zonas en las que tuvo lugar el proceso geomorfológico. A lo largo de la traza de la ruta se observan, además, diferentes tipos de remoción en masa tales como: i) deslizamientos, abundantes en las laderas con altas pendientes, comienzan con movimientos pendiente abajo de materiales que se desplazan por superficies de deslizamientos en la interfase suelo-roca meteorizada. Los deslizamientos de tierra y de detritos constituyen movimientos traslacionales, de características poco profundas (1-4 m) y que tienen esencialmente un plano de deslizamiento recto; ii) movimientos complejos, combinación de dos o más tipos de procesos, ocurren en laderas con pendiente superior a 25° y coinciden con los sectores en los que la vegetación original fue afectada por un incendio del año 1999 (ejemplo El Aluvión). Se originan a partir de 3 o más deslizamientos superficiales que confluyen en un mismo canal, depositando gran cantidad de material el cual se mezcla con el agua proveniente de las laderas y de los cauces menores, licuándose hasta convertirse en flujos de detritos; iii) caída de rocas, tienen lugar en los sectores conocidos como Angosto del Naranjal y Kilómetro 32, donde personal de Vialidad Provincial realizó voladuras con el objetivo de ensanchar la RP307, el proceso tiene lugar en paredones subverticales, conformados por materiales esquistosos muy fracturados que durante las lluvias se ven sometidos a un aumento de presión en sus grietas, facilitando el desprendimiento (Fernández 2009, Fernández y Lutz 2003).

4. Interpretación evolutiva: este geosítio es muy reciente en el tiempo geológico.
5. Divulgación científica: al observar los procesos de remoción en masa y reconocer los factores que los originan es importante, frente al peligro potencial que significan, plantear la importancia de valorizar el concepto de riesgo geológico, así como la necesidad de toma de conciencia del cuidado del medio ambiente.
6. Valores asociados: en este sitio también pueden apreciarse factores adicionales tales como: i) geomorfológicos, se pueden reconocer las características de un río de montaña, que corre encajonado en altos barrancos,

con fuerte caudal y transporte de grandes bloques subredondeados con esfericidad media, el río Los Sosa pertenece a la cuenca del río Salí, subcuenca Aconquija-Salí-Río Hondo (Ruiz y Busnelli 2014), entre los rodados se puede apreciar las características litológicas de los lugares por donde el río discurre aguas arriba, principalmente rocas metamórficas y, en menos cantidad, rocas ígneas plutónicas, por lo que puede hacerse una clasificación preliminar de las rocas que constituyen el basamento de la región; ii) tectónica, otro aspecto para observar en este punto y a lo largo del recorrido (por ejemplo, en la zona del Fin del Mundo) es tectónico, ya que el camino se emplaza a lo largo de una falla que conecta el valle de Tafí con la llanura tucumana y que habría estado activa en épocas paleozoicas y reactivada durante el Terciario (Gutiérrez y Mon 2004); iii) turístico, el geosítio puede considerarse el portal de entrada a los Valles Calchaquíes, donde se observarán cambios importantes en la fisonomía del paisaje. Además, es posible detenerse en el lugar para disfrutar del agreste paisaje de montaña y reconocer los significativos procesos de riesgo geológico.

### Geosítio Cascada de los Alisos

1. Ubicación: el geosítio se encuentra ubicado sobre la sierra de Aconquija, más precisamente en las estribaciones del cerro Muñoz a una altura de 2.800 m.s.n.m. Para acceder al sitio se debe llegar a la zona conocida como "Las Carreras", lo cual puede hacerse desde El Mollar tomando la RP355 que pasa por la localidad del Potrerillo, para luego empalmar al noroeste con la RP325 que lleva al Rincón continuando hacia el norte; o bien desde Tafí del Valle tomando la RP325 pasando por La Ovejera y El Rodeo Grande. Las coordenadas del geosítio son 26°56'08" S y 65°47'23" O.
2. Descripción: se accede a la cascada mediante una caminata de 2 km por una senda en forma de herradura que sube desde los 2.400 m.s.n.m. hasta los 2.800 m.s.n.m. En el sector inicial del recorrido se transita por la cubierta loésica que recubre la parte baja de la montaña de menor pendiente. Desde este punto es posible acceder al arroyo Los Alisos desde donde se observan los afloramientos de los depósitos de glaciares de erosión que se encuentran en la zona. Luego se ingresa a un sector boscoso (queñoas y alisos) y húmedo donde se accede a la ladera de la montaña donde se pueden observar extensos afloramientos del

basamento metamórfico de la sierra de Aconquija. En este sector, el basamento metamórfico está compuesto por esquistos bandeados de grado bajo. Una vez en la cascada se puede apreciar el salto de agua que presenta una caída de unos 60 metros de altura (Figura 6a). La misma constituye un claro ejemplo de cascada tectónica formada por una falla geológica. Optativamente se puede continuar el recorrido por la ladera sur de la montaña llegando hasta los 3.000 m.s.n.m., para acceder a los que se conoce como cañada del cerro Muñoz, un verde valle de altura que presenta hacia su margen sureste unos estratégicos miradores naturales. Allí se puede apreciar las diferentes unidades fisiográficas que rodean el área: Los cerros Ñuñorco Grande (3.320 m.s.n.m.) y Ñuñorco Chico (2.865 m.s.n.m.) al sur, al noreste la Loma Pelada (2.600 m.s.n.m.), las denominadas sierras Centrales (cumbres de Tafí 2.900 m.s.n.m.), la sierra de Mala-Mala (3.300 m.s.n.m.) y las cumbres Calchaquíes (4.700 m.s.n.m.) (Figura 6b).

3. Importancia: la cascada de Los Alisos es única en su tipo en el valle de Tafí y es un excelente ejemplo de cómo un proceso tectónico influencia el paisaje geológico. La propia cascada es el resultado de un proceso tectónico que da lugar al desarrollo de una falla que se traza sobre rocas del basamento ígneo-metamórfico de sierra de Aconquija. Esta línea de debilidad cortical antigua y reactivada por un tectonismo moderno relacionado a los movimientos ándicos del Terciario encauza los cursos de agua que bajan de las zonas más altas de la sierra y desarrolla una serie de saltos de gran belleza.
4. Interpretación evolutiva: la cascada se desarrolla a partir de una de las numerosas fallas asociadas a los procesos tectónicos que tuvieron lugar en la sierra de Aconquija y que jugaron un rol fundamental en el desarrollo geológico del valle. Durante los numerosos reacomodamientos tectónicos se desarrollaron fracturas menores de los bloques montañosos y, uno de ellos, permitió el escurrimiento de un curso fluvial dando lugar a la cascada de Los Alisos.
5. Divulgación científica: en este geosítio es importante resaltar la acción de procesos de la geodinámica interna, como lo es la tectónica, con el desarrollo de fallas de distinta magnitud, que contribuyen a la formación del paisaje. En este caso particular es notoria la acción de esfuerzos endógenos para dar lugar al desarrollo de rasgos distintivos, como lo es una cascada. Otro aspecto importante desde el punto de vista divulgativo es que, gracias la acción de carácter



**Figura 6.** Geositio cascada de Los Alisos: a) la cascada Los Alisos; b) vista panorámica; c) Ojo de Agua sobre el sendero de ascenso. Geositio Cono-glacis del río Blanco: d) vista panorámica desde el sendero. Geositio Castillo de Las Brujas: e) afloramientos de migmatitas al frente y sedimentitas terciarias al fondo; recuadro: detalle de morteros, f) afloramiento del basamento metamórfico; g) rocas sedimentarias terciarias; h) antigua represa hídrica. Fotografías de López, noviembre de 2021.

interno, desarrollado hace millones de años, es posible disfrutar en este sitio de una cascada de agua pura que, de otro modo, no estaría disponible.

6. Valor asociado: al interés geológico de este geosítio se agregan aspectos que lo enriquecen: a) turístico y deportivo, para acceder al sitio se debe transitar a pie una senda que recorre los faldeos del cerro Muñoz atravesando verdes mesadas y pintorescos bosques de Alisos y Queñoas hasta llegar a la cascada que con sus casi 60 metros de altura constituye un verdadero espectáculo natural con paradisíacas vistas panorámicas del valle de las Carreras, la Loma Pelada, los cerros Ñuñorco Grande y Chico, las cumbres de Tafi y del dique La Angostura. (Figura 6c). La senda continúa aproximadamente 1,3 km hasta llegar a la cañada del cerro Muñoz, hacia unas peñas rocosas ubicadas a 2.950 m.s.n.m. conocidas localmente como mirador del Cóndor debido a la presencia frecuente de estas aves en la zona.

### Geosítio Cono-glacis del río Blanco

1. Ubicación: este geosítio se encuentra en la zona más alta urbanizada sobre el cono-glacis. Se accede a través de la avenida Gobernador Clemente Zavalía y calle Facundo Quiroga, municipalidad de Tafi del Valle. Sus coordenadas son 26°50'32" S 65°43'18" O.
2. Descripción: este cono-glacis, desarrollado a partir de la acumulación de fanglomerados por la actividad fluvial y escurrimiento mantiforme, presenta una dimensión aproximada desde el ápice hasta su zona distal, de 5 km de largo y unos 3,5 km de ancho desde el río Churqui y el río de La Ovejera, con una pendiente media de 7°. Respecto a su morfogénesis este cono-glacis se desarrolló a partir de procesos de remoción en masa (flujo de detritos), sobre el glacis de erosión que fue modelado en los materiales loésicos y que ocupaba todo el piedemonte (Collantes 2001). Es interesante mencionar que el curso actual del río Blanco lleva una dirección este-oeste y luego tuerce bruscamente hacia el noreste hasta desembocar en el río Tafi mediante la construcción de un nuevo cono que se superpone al anterior, no recorriendo el resto de su superficie que fue generada por ciclos de aluvionamiento que le dieron su gran extensión. Estos conos presentan un marcado dinamismo que le otorgan peligrosidad, ya que el curso principal evacua la carga sólida y líquida, pero suele suceder que, en la siguiente crecida, el agua del torrente encuentra generalmente el cauce obstruido por los sedimentos abandonados anteriormente y se derrama en otra dirección (Iriondo 2007). Esto hace que sea poco predecible la dirección del

curso de agua en el momento de la crecida. En el caso del río Blanco ha perdido su capacidad de divagación, quedando el resto de los canales desconectados del río principal, siendo verdaderos paleocauces que evolucionan únicamente por erosión retrocedente (García Salemi 1977). Solo la zona noroeste del cono-glacis del río Blanco se encuentra actualmente sin actividades e intervenciones en su suelo, mientras que, contrariamente, en la parte baja distal se encuentra un desarrollo urbano en expansión y en la zona suroeste se desarrollan actividades agrícolas.

3. Importancia: radica en las dimensiones que posee el cono-glacis, llegando a ser una de las geoformas más importantes del valle. Su potencial peligrosidad es reducida debido a la desorganización actual de su red, sin embargo, los posibles eventos de flujos densos (*debris flows*) de considerable magnitud, pueden llegar a afectar algunas zonas urbanizadas del cono-glacis.
4. Interpretación evolutiva: el cono-glacis del río Blanco presenta una cuenca imbrífera de limitada extensión en relación a la superficie del cono, lo cual atestigua un ambiente más húmedo en el pasado ya que las condiciones actuales no reúnen la capacidad para generar estas geoformas (Collantes 2001).
5. Divulgación científica: en este geosítio puede observarse y discutirse los efectos de la escorrentía y de la fuerza del agua para acarrear sedimentos y depositarlos a distintas distancias de acuerdo al caudal de agua y al tamaño del material transportado. Un tema importante a observar es el del dinamismo del cono que le confiere un cierto grado de peligrosidad ante posibles crecidas del torrente de agua pudiendo llegar a afectar a zonas urbanizadas o cultivadas. Esto nos hace pensar en el uso del suelo sin considerar las variables geológicas y los procesos del pasado factibles de ocurrir en el presente y/o futuro.
6. Valor asociado: deportivo-paisajístico, una senda atraviesa el cono en sentido noroeste desde donde se encara un empinado filo que habitualmente suele usarse para llegar a la cumbre del cerro Carapunco (puerta de cuero en lengua quechua). Desde el comienzo del ascenso (cerca de los 2.700 m.s.n.m.) se empiezan a disfrutar las hermosas vistas panorámicas de las cumbres Calchaquies, el Abra del Infiernillo y la villa de Tafi del Valle (Figura 6d).

### Geosítio Castillo de las Brujas

1. Ubicación: el geosítio se encuentra ubicado en el extremo septentrional de la sierra de Aconquija, en las

estribaciones de la localidad de Ampimpa, sobre el cauce del río Amaicha. Se accede desde la RP307 que comunica Tafi del Valle con Amaicha del Valle. Sus coordenadas geográficas son 26°38'09" S 65°51'56" O.

2. Descripción: en el geosítio es posible apreciar rocas del basamento metamórfico, especialmente esquistos bandeados y también migmatitas (Figuras 6e y 6f). Sobre este basamento se disponen potentes afloramientos rojizos de roca sedimentaria de edad terciaria con importantes contenidos fosilíferos (Figuras 6e y 6g). También se reconocen antiguas represas hídricas realizadas sobre el cauce del río Amaicha que forman unas pintorescas cascadas artificiales (Figura 6h).
3. Importancia: en este geosítio es posible reconocer rocas sedimentarias, que no tienen representatividad en el valle de Tafi pero que son claras indicadoras de procesos geológicos de gran relevancia en la historia geológica de la región. El basamento de la sierra del Aconquija muestra procesos de fusión parcial representados en los afloramientos de migmatitas. Sobre el mismo, apoyan en discordancia, depósitos sedimentarios del Eoceno (Formación Saladillo) y Mioceno (equivalentes a la Fm. San José del Grupo Santa María). Las rocas del basamento cristalino están dominadas litológicamente por micacitas, filitas cuarzosas y filitas cuarzosas bandeadas, cuyos protolitos serían sedimentos pelíticos y psamíticos de la Fm. Puncoviscana. La formación Saladillo, depositada sobre el basamento cristalino, está compuesta litológicamente por conglomerados areniscas y limolitas fluviales color rojo ladrillo (Galván y Ruiz Huidobro 1965) por encima de ellos se depositan sedimentos del Mioceno, correlacionables con la Fm. San José, litológicamente está compuesta por arcilitas y margas verdes, laminadas o en estratos de poco espesor con la presencia de importantes asociaciones fosilíferas (Bossi y Palma 1982; Bossi, Gavriloff y Esteban 1998). Esta unidad se considera contemporánea y relacionada a la ingresión marina Paranaense (Gavriloff y Bossi 1992), siendo el resto de las formaciones del grupo, unidades de tipo continental.
4. Interpretación evolutiva: las rocas sedimentarias del geosítio son indicativos de los procesos geológicos que tuvieron lugar durante el Terciario, principalmente, la deposición de sedimentos en cuencas continentales. Estos afloramientos permiten reconstruir gran parte de la historia geológica regional de los últimos 70 Ma. Durante el ciclo Ándico (Cretácico) se describe una fase inicial distensiva relacionada con la apertura del océano Atlántico Sur, y una fase posterior, de carácter

compresiva, que se extiende desde el Cretácico superior hasta la actualidad. Durante la etapa distensiva inicial se desarrollaron en el norte argentino una serie de cuencas que se pueden reconocer en la provincia de Salta, siendo la más extensa la del Grupo Salta (Turner 1960) y que no tienen representatividad en cercanías al valle de Tafi. En el inicio de la fase compresiva del ciclo Ándico se desarrollaron en la región condiciones litorales y continentales (Mingramm et al. 1979). Durante el Mioceno medio-superior se desarrolló un graben y comenzó la depositación del Grupo Santa María en el valle homónimo, culminando en el Plioceno. Durante el Neógeno hubo intensa actividad volcánica en la sierra de Aconquija, que fue continuo entre los 11,6 y 7,7 Ma. Al final del Plioceno-Pleistoceno, se produjo un gran levantamiento que afectó los bloques tectónicos del basamento y el graben Tafi-Amaicha, confirmando la actual morfología.

5. Divulgación científica: este geosítio es un lugar ideal para reconocer las características principales de las rocas sedimentarias, que reflejan los procesos geológicos de erosión, transporte, deposición y litificación, y que permiten completar el esquema de los tres grandes grupos de rocas que constituyen la capa más externa de nuestro planeta. En este geosítio se observan evidencias de los procesos que complementan la historia geológica de la región acaecida en el pasado geológico.
6. Valor asociado: en el geosítio se encuentran, además, aspectos de fuerte impacto para la zona de Amaicha y alrededores: i) arqueológico, en este sector es importante la presencia de antiguos restos de las comunidades pasadas, Quiroga (1912) menciona numerosas pircas, casi todas caídas y muchas enterradas, cuadrados y círculos que ocupan las dos bandas del río de Amaycha, fortificaciones en todo ese trayecto, suelen consistir en líneas o fragmentos de trinchera en el cerro; ii) obra civil, en el sitio, sobre el cauce del río Amaicha es posible observar dos antiguas represas, que comenzaron a construirse durante la gobernación de Miguel Campero (1935-1939) y se culminaron en 1959, durante el gobierno de Celestino Gelsi, esta construcción hídrica se realizó con la finalidad que no falte agua para consumo y para riego en la localidad de Amaicha en los periodos de estrés hídrico (abril-diciembre).

## Conclusiones

A partir del trabajo realizado se han identificado y analizado diez geosítios que fueron visitados y examinados

*in situ*. Los mismos están distribuidos entre el municipio de Tafí del Valle y las comunas rurales de Amaicha del Valle y El Mollar y fueron denominados de acuerdo a su naturaleza o al lugar donde se encuentran como Los Cuartos, Dique de vulcanita, Loma Pelada, Cineritas, Loma Los Menhires, Cristo Redentor, El Aluvión, Cascada Los Alisos, Cono-glacis del río Blanco y Castillo de las Brujas. La metodología implementada a partir de los parámetros seleccionados permitió visibilizar la importancia de estos geosítios como lugares claves que posibilitan revelar la geología de la región y que merecen ser divulgados para su conservación. El atractivo abiótico que presenta el valle de Tafí, producto de diversos y relevantes procesos de origen geológico, puede ser tomado como recurso para fomentar un turismo basado en la variedad geológica, lo cual es un atractivo para un determinado segmento de visitantes.

De los resultados obtenidos, entre los rasgos geológicos y geográficos que permiten identificar a los geosítios y que contribuyen al conocimiento del patrimonio geológico del valle, considerando la interpretación evolutiva de cada uno, se destacan aspectos litológicos, así en los geosítios Los Cuartos y Loma Pelada se reconocen los principales tipos de rocas que componen el basamento ígneo-metamórfico de la región, que permiten reconstruir e interpretar la evolución geológica de los núcleos cristalinos de Cumbres Calchaquíes y Sierra de Aconquija, durante el Neoproterozoico tardío-Paleozoico inferior. En el geosítio Dique de Vulcanitas puede observarse las únicas rocas volcánicas de fácil acceso de la zona, mientras que en el Castillo de las Brujas están representadas las rocas sedimentarias del área, en ambos casos relacionadas a edades cenozoicas, completando así un muestrario natural de las variedades litológicas que constituyen la corteza terrestre.

Desde el análisis tectónico, los geosítios Los Menhires y Cascada Los Alisos permiten agregar a sus características paisajísticas propias, un contexto geológico imponente relacionado a la tectónica Andina, en el que se pueden apreciar estructuras que tuvieron gran relevancia en la configuración actual del valle de Tafí, particularmente durante el Terciario (Cenozoico), como lo son la Megafractura de Tafí y otras fallas menores.

La geodinámica externa ha desarrollado importantes geoformas, típicas del ambiente geomorfológico del valle de Tafí. Así, se pueden reconocer las principales unidades morfogenéticas y lito-geomorfológicas del área en los geosítios del Cristo Redentor y del Cono-glacis del río Blanco, mientras que en el geosítio Cineritas está representado

material piroclástico intercalado con el suelo loésico de edad cuaternaria. Por su parte el geosítio El Aluvión es un excelente punto para reconocer procesos de remoción en masa activos, provocados por un exceso de agua en el terreno y fuerte pendiente, y evaluar el riesgo geológico. Estos geosítios son representantes de edades geológicas más recientes, desde el Pleistoceno hasta nuestros días.

Las características socioterritoriales identificadas como valores asociados en los geosítios son de las más variadas, se encontraron saltos de agua de 300 metros, vistas panorámicas de la villa de Tafí, del Dique La Angostura y del Cerro Loma Pelada, de los principales cordones montañosos y de los valles intermontanos. Parte de los geosítios se relaciona con elementos turísticos y deportivos en sus inmediaciones.

Otros valores asociados se encuentran en los geosítios cercanos al cementerio como lugar de interés religioso y folclórico para las comunidades del valle. Se reconocen en las inmediaciones de los mismos elementos arqueológicos como morteros tallados en las rocas, mientras que, a su vez, se ubican cercanos al Museo a Cielo Abierto Los Menhires —El Mollar—, de gran significado religioso para los pueblos originarios de la región. Finalmente, es posible reconocer restos arqueológicos pertenecientes a la “Cultura Tafí” principalmente las típicas viviendas con forma circular construidas en piedra.

Estos geosítios son un verdadero recurso para el desarrollo de tareas turísticas de esparcimiento sustentadas en las actividades planteadas en el airelibrismo. Permiten que el excursionista logre una mirada integral del valle y comprenda que el paisaje que observa y disfruta es el resultado de una base geológica que sirvió y sirve de sostén a toda la cultura vallista.

Cada uno de estos geosítios contribuye y enriquece los conocimientos sobre la geología del valle tanto de lugareños como de visitantes, de forma tal que permiten la visibilidad y divulgación del patrimonio geológico del valle de Tafí, acrecentando el valor natural intrínseco de la región.

## Agradecimientos

Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Arte e Innovación tecnológica de la Universidad Nacional de Tucumán por el financiamiento mediante el Proyecto PIUNT G623. Asimismo, agradecen a los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar este trabajo.

## Referencias

- Aceñolaza, Florencio Gilberto y Alejandro José Toselli. 1981. *Geología del noroeste argentino*. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Acosta Nagle, Ana, Jorge Laskowski y José P. López. 2007. "Basamento metamórfico y presencia de diques andesíticos en la región del Mollar, departamento Tafi del Valle, Tucumán". *Serie Monográfica y Didáctica* 46: 129.
- Ahumada, Ana Lía, Gloria Patricia Ibáñez Palacios y Silvia Verónica Páez. 2003. "Patrimonio geológico-paisajístico y recursos turísticos de la cuenca del río Lules". *Acta Geológica Lilloana* 19 (1-2): 17-32.
- Baldis, Bruno, José Viramonte y José Salfity. 1975. "Geotectónica de la comarca comprendida entre el Cratógeno central argentino y el borde austral de la Puna". Memorias presentadas en el *II Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, Buenos Aires, del 15 al 19 de diciembre de 1975, 4: 25-44.
- Bellos, Laura Judith, Juan Díaz Alvarado, José Pablo López, Natalia Rodríguez, Ana Eugenia Acosta Nagle, Colombo Celso Gaeta Tassinari, Uwe Altenberger y Anja Schleicher. 2020. "The Juxtaposition of Cambrian and Early Ordovician Magmatism in the Tafi del Valle Area. Characteristics and Recognition of Pampean and Famatinian Magmatic Suites in the Easternmost Sierras Pampeanas". *Journal of South American Earth Sciences* 104: 102878. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102878>
- Bossi, Gerardo, Igor Gavriloff y Graciela Esteban. 1998. "Terciario: estratigrafía, bioestratigrafía y paleogeografía". En *Geología de Tucumán*, editado por Miguel Gianfrancesco, Josefina Durango, María E. Puchulu y Guillermo Aceñolaza, 87-105. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Bossi, Gerardo y Ricardo Palma. 1982. "Reconsideración de la estratigrafía del valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina". Memorias presentadas en el *V Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, del 17 al 22 de octubre de 1982, 1: 155-172.
- Brilha, José. 2005. *Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga: Palimage Editores.
- Brilha, José. 2015. "Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review". *Geoheritage* 8 (2): 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Caminos, Roberto. 1979. "Sierras Pampeanas Noroccidentales Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan". Memorias presentadas en el *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, Córdoba, del 8 al 11 de septiembre de 1976, 6: 225-291.
- Collantes, Myriam. 2001. "Paleogeomorfología y geología del Cuaternario de la cuenca del río Tafi, departamento Tafi del Valle, provincia de Tucumán, Argentina". Tesis de doctorado en Geología, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Collantes, Myriam, Jaime Powell y José M. Sayago. 1993. "Formación Tafi del Valle (Cuaternario superior), provincia de Tucumán (Argentina): litología, paleontología y paleoambientes". Actas presentadas en el *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de exploración de hidrocarburos*, Mendoza, del 10 al 15 de octubre de 1993, tomo II: 200-206.
- Collantes, Myriam y José Busnelli. 2014. "El Cuaternario de la provincia de Tucumán". En *Geología de Tucumán*, editado por Sebastián Moyano, María E. Puchulu, Diego Fernández, María E. Vides, Sergio Nieva y Guillermo Aceñolaza, 157-169. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Collantes, Myriam y José Sayago. 1987. "Paleogeomorfología del valle de Tafi, provincia de Tucumán, Argentina". Actas presentadas en el *X Congreso Geológico Argentino*, San Miguel de Tucumán, tomo III: 321-324.
- Elizaga, Emilio y Jaime Palacio. 1996. "Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico". En *El Patrimonio geológico: bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, editado por Antonio Cendrero Uceda, 61-79. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Fernández, Diego. 2009. "Eventos de remoción en masa en la provincia de Tucumán: tipos, características y distribución". *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (4): 748-759.
- Fernández, Diego y María Lutz. 2003. "Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los Sosa, provincia de Tucumán". *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (2): 255-266.
- Galván, Amílcar Félix y Oscar J. Ruiz Huidobro. 1965. *Geología del valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones Mesozoico-Terciarias*. Buenos Aires: Dirección Nacional de Geología.
- García Salemi, Manuel. 1977. "Reseña geomorfológica de las sierras pampeanas de Tucumán y Catamarca (sector comprendido entre los paralelos 26° y 28°)". *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 6 (1-2): 43-62. <https://doi.org/10.3406/bifea.1977.1483>
- Gavriloff Igor y Gerardo Bossi. 1992. "Revisión general, análisis facial, correlación y edades de las formaciones San José y río Salí (Mioceno medio), provincias de Catamarca, Tucumán y Salta, República Argentina". *Acta Geológica Lilloana* 17 (2): 5-43.
- Gutiérrez, Antonio y Ricardo Mon. 2004. "Megageomorfología del valle de Tafi-Aconquija, Tucumán". *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (2): 303-311.

- Hilario, Asier, Asfawossen Asrat, Benjamin van Wyk de Vries, David Mogk, Gonzalo Lozano, Jianping Zhang, José Brilha, Juana Vegas, Kirstin Lemon, Luis Carcavilla y Stanley Finney. 2022. *The First 100 IUGS Geological Heritage Sites*. España: International Union of Geological Sciences (IUGS). [https://iugs-geoheritage.org/videos-pdfs/iugs\\_first\\_100\\_book\\_v2.pdf](https://iugs-geoheritage.org/videos-pdfs/iugs_first_100_book_v2.pdf)
- Ibáñez Palacios, Gloria Patricia, Ana Lía Ahumada y Silvia Verónica Páez. 2011. "Geoformas criogénicas, patrimonio geológico en el Parque Nacional Campo de los Alisos, Tucumán, Argentina". *Acta Geológica Lilloana* 22 (1-2): 18-33.
- Ibáñez Palacios, Gloria Patricia, Ana Lía Ahumada y Silvia Verónica Páez. 2012. "Patrimonio Geológico en una región de la Sierra de Aconquija, provincia de Tucumán y Catamarca, Argentina". *Pasos Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 10 (1): 75-87. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2012.10.007>
- Iriondo, Martín. 2007. *Introducción a la geología*. Córdoba: Editorial Brujas.
- López, José P., Aránzazu Piñan Llamas, Laura Bellos y Nélida Mansilla. 2014. "Petrología y deformación Proterozoica superior-Paleozoica inferior del basamento metamórfico de la provincia de Tucumán". En *Geología de Tucumán*, editado por Sebastián Moyano, María E. Puchulu, Diego Fernández, María E. Vides, Sergio Nieva y Guillermo Aceñolaza, 59-71. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- López, José P., Laura Bellos, Juan Díaz-Alvarado y Antonio Castro. 2018. "Hybridization Between I-Type and S-type Granites in the Ordovician Famatinian Magmatic Arc, Tafí del Valle, Tucumán, NW Argentina". *Geologica Acta* 16 (1): 25-43. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2018.16.1.2>
- López, José P., Laura Bellos y Aránzazu Piñan Llamas. 2014. "El magmatismo plutónico Paleozoico de la provincia de Tucumán". En *Geología de Tucumán*, editado por Sebastián Moyano, María E. Puchulu, Diego Fernández, María E. Vides, Sergio Nieva, y Guillermo Aceñolaza, 72-85. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- López, José P., Uwe Altenberger, Laura Bellos y Christina Günter. 2019. "The Cumbres Calchaquies Range (NW-Argentina). Geochemical Sedimentary Provenance, Tectonic Setting and Metamorphic Evolution of a Neoproterozoic Sedimentary Basin". *Journal of South American Earth Sciences* 93: 480-494. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.016>
- López, José Pablo, Walter Medina, Laura Judith Bellos y Facundo Martínez. "Propuesta de desarrollo de un centro geo-turístico en Tafí del Valle, Provincia de Tucumán como contribución al desarrollo del conocimiento geocientífico de la sociedad". Comunicación presentada en *XXI Congreso Geológico Argentino*. Actas: 1100-1101. Chubut 2022.
- Manasse, Bárbara. 2006. "Historias coloniales: la construcción del pasado tafinista del siglo XVII". *Aportes científicos desde Humanidades* 6: 219-229.
- Mingramm, Alberto, Aniello Russo, Aníbal Pozzo y Luis Cazau. 1979. "Sierras Subandinas". En *Geología regional Argentina*, editado por Juan Carlos M. Turner, 95-182, Córdoba: Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Montilla Zavalía, Félix A. 2021. *Los cerros de Tafí del Valle*. Tucumán: Yerba Buena.
- Nieva, Sergio y Guillermo Aceñolaza. 2014. "Historia geológica". En *Geología de Tucumán*, editado por Sebastián Moyano, María E. Puchulu, Diego Fernández, María E. Vides, Sergio Nieva y Guillermo Aceñolaza, 170-184. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Peña Monné, José Luis y María Marta Sampietro Vattuone. 2018. "Paleoambientes holocenos del valle de Tafí (noroeste argentino) a partir de registros morfosedimentarios y geoarqueológicos". *Boletín Geológico y Minero* 129 (4): 671-691.
- Quiroga, Adán. 1912. "Monografías arqueológicas: el número 4 y Amaycha". *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 74: 148-157.
- Rapela, Carlos W., Robert J. Pankhurst, Cesar Casquet, Christopher M. Fanning, Edgardo G. Baldo, José M. González-Casado, Carmen Galindo y Juan Dahlquist. 2007. "The río de la Plata Craton and the Assembly of Gondwana". *Earth Science Reviews* 83 (1-2): 49-82. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.03.004>
- Ruiz, Adrián y José Busnelli. 2014. "Hidrografía". En *Geología de Tucumán*, editado por Sebastián Moyano, María E. Puchulu, Diego Fernández, María E. Vides, Sergio Nieva, y Guillermo Aceñolaza, 257-275. Tucumán: Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Sales, Adriana, Liliane Petronilho y Koji Kawashita. 1998. "Datación de la edad geocronológica de rocas graníticas mediante el uso de un spike combinado Rubidio/Estroncio". *Información Tecnológica* 9 (3): 379-386.
- SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino). 2008. Sitios de interés geológico de la República de Argentina. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Toselli, Alejandro, Guillermo Aceñolaza y Juana Rossi. 2017. "Evolución del basamento Neoproterozoico/Terreneuviano en la cordillera Oriental y Sierras Pampeanas del Noroeste de Argentina". En *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA: relatorio XX Congreso Geológico Argentino*, editado por Muruaga, Claudia y Pablo Grosse, 141-165. San Miguel de Tucumán: Asociación Geológica Argentina.

- Turner, Juan Carlos M. 1960. "Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria y adyacencias (Salta)". *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 41 (2): 163-196.
- Whitney Donna L. y Bernard W. Evans. 2010. "Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals". *American Mineralogist* 95: 185-187. <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>
- Zinck, Joseph A. y José M. Sayago. 1999. "Loess-Paleosol Sequence of La Mesada in Tucumán Province, Northwest Argentina. Characterization and Paleoenvironmental Interpretation". *Journal of South American Earth Sciences* 12 (3): 293-310. [https://doi.org/10.1016/s0895-9811\(99\)00019-x](https://doi.org/10.1016/s0895-9811(99)00019-x)

**José Pablo López**

Doctor en Geología. Profesor titular de la cátedra de Petrología de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán e investigador del Instituto Superior de Correlación Geológica-CONICET. Área de investigación: petrología, geoquímica, patrimonio geológico.

**Walter Manuel Medina**

Doctor en Geografía. Profesor Adjunto de la cátedra Geografía de los Sistemas Naturales IV, Geomorfología y la cátedra de Hidrografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán. Becario posdoctoral CONICET-INSUGEO. Área de investigación: geomorfología, patrimonio geológico y geoconservación.

**Laura Judith Bellos**

Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora Adjunta de la cátedra de Petrología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán e investigadora adjunta de CONICET-INSUGEO. Área de investigación petrología, geoquímica, patrimonio geológico.

**Facundo Martínez**

Doctor en Geología. Jefe de trabajos prácticos de la cátedra de Mineralogía I. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán. Área de investigación: geología de yacimientos, petrología, geoquímica, patrimonio geológico.