

Evaluación preliminar de geositios en la Alta Cordillera de Chile, entre los 25° y 26° S

Victor Villa*¹

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Providencia, Santiago.

*Mail: victor.villa@sernageomin.cl

Resumen: En este trabajo se presenta una evaluación preliminar de potenciales geositios ubicados en los Andes Centrales de Chile entre los 25° y 26°30'S. En la zona destaca la amplia gama de procesos volcánicos que han actuado durante la formación del arco volcánico cenozoico en Los Andes, cuyos productos han sido notablemente preservados debido a la extrema aridez imperante en la zona desde el Mioceno.

Palabras Clave: Geositios, Andes Centrales, Geopatrimonio

Introducción

Los Andes Centrales de Chile son un territorio desconocido para la mayoría de la población. En él se esconden paisajes sublimes que, guiadamente, pueden abrir un mundo de conocimiento a la población no familiarizada con la geología que pueda visitarlo. En Chile, entre los 25° y 26°30' S, la alta cordillera (sobre 3.500 m s.n.m.) está dominada por volcanes antiguos y salares ocultos en cuencas intermontanas, en un ambiente natural casi inalterado. Allí es posible observar los productos de distintos tipos de actividad volcánica, desde clásicas erupciones efusivas hasta explosiones freatomagmáticas, y muestras de vida de volcanes activos (fumarolas, y actividad hidrotermal). Desde el punto de vista científico, esta zona constituye un laboratorio natural para estudiar la evolución del volcanismo mioceno-holoceno en los Andes Centrales. Desde el punto de vista educativo-recreacional, la amplitud de paisajes y el abanico de morfologías volcánicas presente son argumentos suficientes para discutir la pertinencia de dar a conocer, particularmente, aquellos sitios donde la tierra nos muestra algunos de sus secretos a través de su geología.

Gracias al desarrollo del Plan Nacional de Geología (PNG), del Sernageomin, ha sido posible recorrer casi la totalidad del área abarcada en los Andes Centrales de Chile entre los 25° y 26°30'S (Naranjo *et al.*, 2013a, b, en prep.). El presente trabajo pretende, preliminarmente, presentar y evaluar 8 localidades que poseen características que los convierten en candidatos a ser reconocidos, por la Sociedad Geológica de Chile, como geositios.

Metodología

Con el objeto de facilitar una comparación con otros sitios de interés geológico a lo largo de la amplia gama de

contextos geológicos de Chile (Mourgues y Schilling, 2012), se ha decidido utilizar una metodología que pueda abarcar la mayor cantidad de ambientes geológicos sin perder de vista que, en este caso, se trata de un ambiente principalmente volcánico. Recientemente, Partarrieu (2013) desarrolló una metodología que constituye un sistema cualitativo-cuantitativo de evaluación, aplicable a distintos contextos geológicos, la cual fue utilizada para identificar geositios en el primer geoparque de Chile, el Geoparque Kütralcura (IX región). Esta metodología otorga puntajes ponderados para tres categorías de uso: científico, didáctico y turístico-recreacional, además de un cuarto puntaje para medir el riesgo de degradación. Sobre la base de esos puntajes, se determina cualitativamente la relevancia de cada sitio, la que es clasificada en niveles "Medio", "Alto" y "Muy alto".

Descripción de geositios

Generalidades

El área de estudio se encuentra casi en su totalidad sobre los 3.500 m s.n.m., por lo que las condiciones ideales de visita se restringen al periodo entre los meses de Septiembre y Mayo, siendo particularmente complejo durante los ciclos del invierno boliviano (principalmente febrero, variable año a año). A través de caminos de tierra, es posible acceder por el norte a través de la ruta B-885 y por el sur a través de un camino de tierra que atraviesa el Salar de Pedernales, el cual nace desde la ruta C-173 aproximadamente en el punto 26°24' S, 69°8,5' O. La totalidad del área puede ser recorrida a través de caminos de tierra y huellas, solo en vehículos con doble tracción (4x4). La localidad más cercana corresponde a la ciudad de El Salvador, ubicada a más de 65 km en línea recta. Actualmente, ninguno de los sitios aquí presentados se encuentra legalmente protegido.

De un total inicial de 12 sitios evaluados, a continuación se describen 8 con los puntajes más altos obtenidos según el sistema de valoración. En la Tabla 1 se presenta el nivel de relevancia por categoría de uso en cada sitio evaluado.

Loc. 1. Volcán Chato Aislado

El Volcán Chato Aislado se ubica en el Llano del Salar Grande, al oeste del salar homónimo, a 4.300 m s.n.m. De edad pleistocena, este volcán comprende una caldera de explosión, un domo exógeno y depósitos piroclásticos

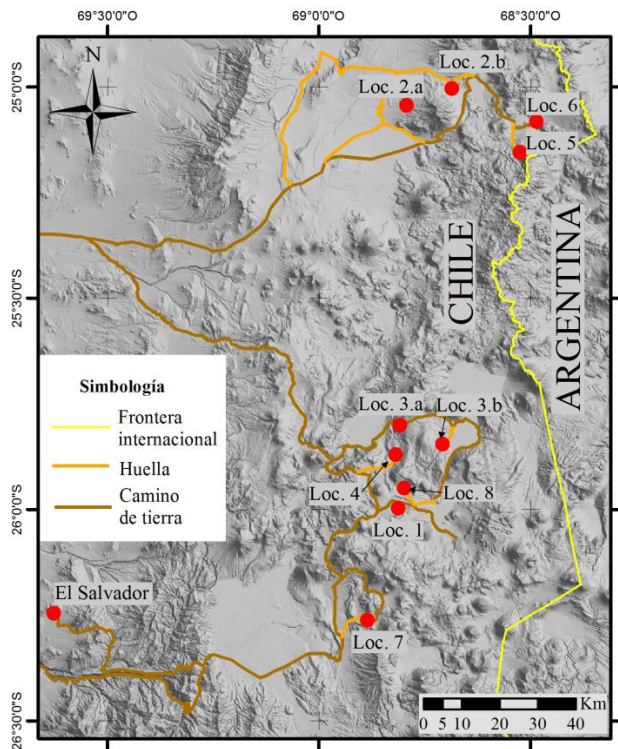


Fig. 1. Mapa de ubicación de localidades evaluadas.

asociados. A través de un camino de tierra es posible recorrer el interior de la caldera, de al menos 5 km de diámetro, formada en ignimbritas pleistocenas generadas durante la primera etapa del volcán (Naranjo *et al.*, 2013a). El escarpe occidental de la caldera se encuentra muy bien preservado, y expone a lo menos 179 m de la ignimbrita (Fig. 2e). Al interior de la caldera, el camino bordea un domo exógeno de 380 m de altura, cuya extrusión representa la última etapa evolutiva del volcán. En la parte oriental del domo, al interior de la caldera, se reconocen depósitos de bloques y cenizas asociados al colapso parcial del domo durante su extrusión.

Este potencial geositio representa un caso único en la zona, pues en él se puede acceder a distintos tipos de productos volcánicos (ignimbritas, lavas-domo, depósitos de piroclastos de caída y de bloques y cenizas), y morfologías (domo exógeno, caldera de explosión, plateau ignimbítico) identificadas en la zona. El sitio no se encuentra protegido y su fosa ha sido utilizada por un camino hacia el Salar Grande.

Loc. 2. Avalanchas Volcán de la Pena

El volcán de la Pena (5.247 m s.n.m.) está ubicado al noreste del salar de Pajonales, donde su tamaño destaca por sobre la planicie de la Pampa de Pajonales. Corresponde a un estratovolcán de 12 Ma (Naranjo *et al.*, 2013b), coronado por un domo exógeno plano. El edificio presenta múltiples colapsos de origen volcánico (Villa, 2013; Villa y Naranjo, este congreso). Los depósitos de estos colapsos preservan notablemente morfologías como

hummocks, *ridges* transversales y frontales, las cuales se pueden observar desde un camino de tierra que bordea el volcán. Este mismo camino se emplaza sobre un extenso plateau de ignimbritas miocenas (15-18 Ma).

Loc. 3 Domo Resurgente Aguilar

El Domo Resurgente Aguilar (Fig. 2a) se ubica entre los salares de Aguilar y de la Isla, los que corresponderían a las fosas de una caldera elusiva, activa durante el Mioceno Inferior (Naranjo *et al.*, 2013a; Naranjo *et al.*, este congreso). La formación de este cuerpo abultado, de 21x15 km y 1.200 m de altura (3.500 a 4.700 m s.n.m.), sería resultado de la resurgencia de la caldera tras su última erupción, hace 15 Ma. A través de un camino de tierra que conecta los salares de Aguilar y de la Isla, es posible atravesar la totalidad del domo, pudiendo observar familias de fallas inversas que habrían deformado al cuerpo (Naranjo *et al.*, 2013a). Litológicamente, el domo está conformado por facies proximales de potentes ignimbritas de anfíbola y biotita (Río Frío y Pajonales, respectivamente) de 15 a 18 Ma.

Loc. 4. Diatrema Juan de la Vega

Ubicada en la parte suroccidental del Domo Resurgente Aguilar, esta estructura volcánica de tipo *maar* se reconoce por un cráter circular de ~1 km de diámetro y 170 m de profundidad, rodeado por depósitos piroclásticos ricos en cuarcitas, probablemente de la Fm. La Tabla (Paleozoico Superior; Fig. 2b). El *maar* y los depósitos piroclásticos que lo circundan, albergan depósitos de azufre nativo, el que reemplaza en parte la matriz de los depósitos piroclásticos y rellena poros y fracturas de los mismos (Cornejo y Naranjo, 1988; Naranjo *et al.*, 2013a). Su origen estaría relacionado con la actividad de una estructura inversa de ~13 Ma, la que habría permitido la percolación de fluidos hasta una profundidad suficiente para general una erupción freática. Probablemente, la presencia de magmas poco profundos, asociados a la resurgencia del domo Aguilar, habría favorecido el calentamiento de estos fluidos a poca profundidad (Cornejo y Naranjo, 1988). Debido a su accesibilidad, a través de una huella relativamente bien demarcada, corresponde quizás al mejor exponente de este tipo de volcanismo en la zona.

Loc. 5. Coladas de Azufre del Vn. Lastarria

El volcán Lastarria es un volcán compuesto con forma cónica y edad pleistocena-holocena, que posee 4 cráteres en su cima, con orientación N-S (Naranjo, 2010). En él se reconocen 4 sitios fumarólicos activos cerca de la cima y 6 sitios en el flanco noroccidental. A partir de estos sitios se originan flujos de azufre con características morfológicas similares a las de lavas de tipo *pahoehoe* (levées y canales centrales, Fig. 2d), originados por la removilización de depósitos de azufre sublimados (Naranjo, 1985, 2010; Guijón *et al.*, 2011), aprobados como geositios por la

Tabla 1. Relevancia de sitios evaluados por categoría de uso.

Localidad	Categorías			
	Cient.	Did.	T-R	RD
Loc. 1. Volcán Chato Aislado	Muy Alto	Alto	Medio	Alto
Loc. 2. Avalancha Vn. De la Pena	Medio	Medio	Medio	Medio
Loc. 3. Domo Resurgente Aguilar	Medio	Medio	Medio	Medio
Loc. 4. Diatrema Juan de la Vega	Medio	Medio	Medio	Alto
Loc. 5. Coladas de Azufre Vn. Lastarria	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Loc. 6. Paleocostas Lago de la Azufrera	Medio	Alto	Medio	Alto
Loc. 7. Quebrada Panteón de Aliste	Medio	Medio	Medio	Medio
Loc. 8. Borde norte Caldera Salar Grande	Medio	Medio	Medio	Bajo

Cient.: científico; *Did.:* didáctico; *T-R:* Turístico – Recreacional; *RD:* Riesgo de degradación.

Sociedad Geológica de Chile. Tienen entre 10 y 265 m de largo, e incluyen además clastos accidentales y vesículas (Naranjo, 1985). A través de una huella que nace desde el camino que bordea el Lago de la Azufrera, es posible llegar directamente hasta estos flujos de azufre.

Loc. 6. Paleocostas Lago de la Azufrera

El Lago de la Azufrera se encuentra al norte del volcán Lastarria, a 4.250 m s.n.m., y abarca un área de 7,2 km². Se caracteriza por poseer paleocordones litorales solo en su costa oriental, debido a la intumescencia de la Corrida de Cori, asociada a la generación de la Ignimbrita Caletones de Cori, de edad pleistocena (Naranjo, 2010; Naranjo *et al.*, 2013b). A través de un camino de tierra, es posible recorrer todo el borde sur del lago, a los pies del flanco norte del volcán Lastarria.

Loc. 7. Quebrada Panteón de Aliste

La Quebrada Panteón de Aliste, de 6,7 km de extensión, es una de las pocas quebradas profundas de la zona, por lo que constituye un lugar privilegiado para observar relaciones estratigráficas en el sector (Fig. 2c). Es, además, una de las manifestaciones más orientales del alzamiento andino, y la primera quebrada al sur de los 24°30' con flujo permanente de agua, el que permite la formación de una vega con flora nativa (Vega Panteón de Aliste). Litológicamente, se reconocen unidades sedimentarias lacustres (areniscas calcáreas finas a medias y calizas) y depósitos de gravas y brechas, con intercalaciones de potentes ignimbritas soldadas de 17 Ma (Ignimbritas Vega Helada). La secuencia de encuentra afectada por fallas inversas de tipo dúplex, que en algunos casos duplica la potencia de las ignimbritas (Naranjo *et al.*, En

preparación). Hacia la parte alta de la quebrada, se reconocen brechas volcanoclásticas pertenecientes a la Fm. La Tabla (Clavero *et al.*, 1998; Naranjo *et al.*, en prep.). Un camino de tierra sin mantención recorre todo el fondo de la quebrada.

Loc. 8. Borde norte de la Caldera Salar Grande

La caldera Salar Grande (Naranjo *et al.*, 2013a) constituye un rasgo morfológico de primer orden en los Andes Centrales. Se extiende por 48x20 km, con elongación E-W, y sería la fuente de las Ignimbritas Salar Grande, de 13-10 Ma (Naranjo *et al.*, 2013a; Naranjo *et al.*, este congreso). Aunque sus bordes sur y occidental no son muy evidentes, el borde septentrional de esta estructura posee volcanes colapsados hacia la caldera, claramente distinguibles en terreno, los que exhiben un escarpe de hasta 500 m de profundidad y 10 km de largo. No existe un camino principal que llegue a los pies de este escarpe, sin embargo, es posible acceder a él a través de una serie de huellas que nacen desde un camino de tierra que atraviesa el Llano del Salar Grande. Al adentrarse hacia el este por este camino de tierra, se llega a una secuencia de ignimbritas de más de 100 m de potencia, que representa los depósitos intracaldera de este sistema (Naranjo *et al.*, 2013a; Ramirez, 2014).

Consideraciones finales

En nuestra profesión, tenemos el privilegio de recorrer lugares que la mayoría de la población jamás conocerá, y aquellos que puedan conocerla, difícilmente podrán entenderla desde el punto de vista nuestro. Acercar estas maravillas a la población es nuestro deber como ciudadanos, así como lo es intentar que su belleza pueda ser observada por futuras generaciones. En ese sentido, la proposición de geositios a la Sociedad Geológica de Chile y su posterior divulgación permite avanzar hacia la protección y reconocimiento de estos lugares.

Referencias

- Clavero, J., Gardeweg, M., Mpodozis, C. 1998. Mapa Geológico Preliminar del Área del Salar de Piedra Parada, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos N°, Escala 1:100.000.
- Cornejo, P., Naranjo, J.A., 1988. Azufrera Juan de la Vega: un maar de origen freatomagmático, Andes del norte de Chile (25°52' S). V Congreso Geológico de Chile, Santiago. Tomo III: 209-227.
- Guijón, R., Henríquez, F., Naranjo, J.A. 2011. Geological, Geographical and Legal Considerations for the conservation of unique iron oxide and sulphur flows at El Laco and Lastarria volcanic complexes, Central Andes, Northern Chile. *Geoh Heritage* 3: 299-315.
- Mourgues, F.A., Schilling, M., Castro, C. 2012. Propuesta de definición de los Contextos Geológicos chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. XIII Congreso Geol. Chileno, Antofagasta: 890-892.

- Naranjo, J.A. 1985. Sulphur flows at Lastarria volcano in the North Chilean Andes. *Nature* 313: 778-780.
- Naranjo, J.A. 2010. Geología del Complejo Volcánico Lastarria, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 123: 33 p., 1 mapa escala 1:25.000. Santiago.
- Naranjo, J.A.; Villa, V.; Venegas, C. 2013a. Geología de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo del León Muerto, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 151-152, 1 mapa escala 1:100.000.
- Naranjo, J.A.; Villa, V.; Venegas, C. 2013b. Geología de las áreas Salar de Pajonales y Cerro Moño, regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, Nos. 153-154, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Naranjo, J.A.; Ramirez, C.A., Villa, V. En preparación. Geología de las áreas Cerro Panteón de Aliste y Cerro Colorado, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica. Santiago.
- Naranjo, J.A., Villa, V., Ramirez, C.A., Perez de Arce, C. Este congreso. Oligo-Holocene evolution of the southern part of the Central Andes: volcanism and tectonic.
- Partarrieu, D. 2013. Inventario de geositos en la comuna de Lonquimay, para la creación del Geoparque Kütralcura, IX Región de la Araucanía. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile: 162 p.
- Ramirez, C.A. 2014. Análisis de litofacias y geocronología de las ignimbritas Salar Grande, Región de Atacama, Andes Centrales de Chile (25°45's – 26°15'S). Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile: 91 p.
- Villa, V. 2013. Morfología de estructuras volcánicas cenozoicas de los Andes Centrales entre los 25° y 26° S, Chile. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile: 97 p.
- Villa, V., Naranjo, J.A. (este congreso). Avalanchas volcánicas miopliocenas en los Andes Centrales de Chile, entre los 25° y 26° S. 4 p.

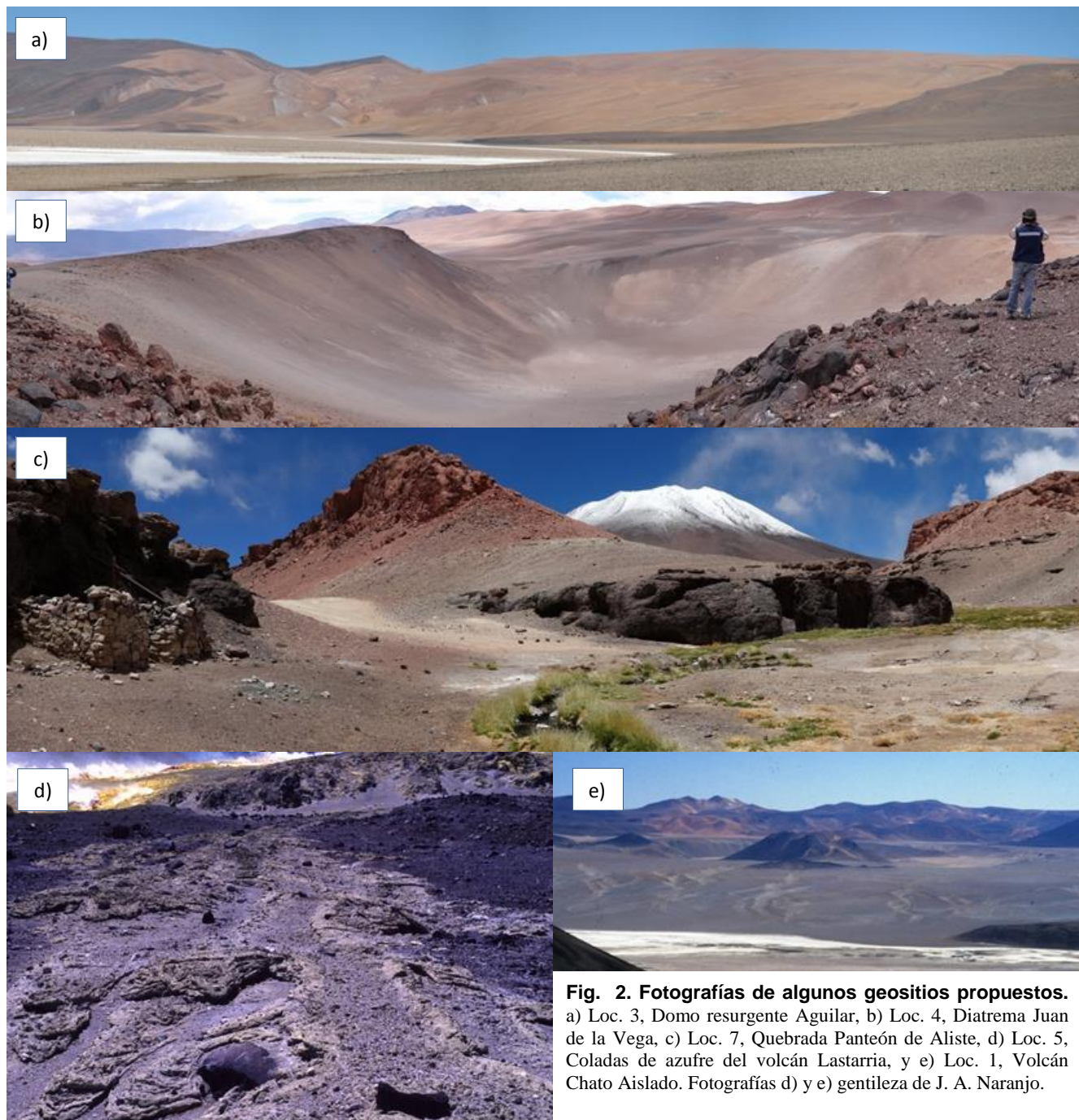


Fig. 2. Fotografías de algunos geositos propuestos.
a) Loc. 3, Domo resurgente Aguilar, b) Loc. 4, Diatrema Juan de la Vega, c) Loc. 7, Quebrada Panteón de Aliste, d) Loc. 5, Coladas de azufre del volcán Lastarria, y e) Loc. 1, Volcán Chato Aislado. Fotografías d) y e) gentileza de J. A. Naranjo.