

Título del Curso: EL AMBIENTE PERIGLACIAL - GEOCRIOLOGÍA SUDAMERICANA

1- Profesor Responsable: Dr. Darío Trombotto

2- Modalidad: Actualización

3- Fecha y Lugar de Realización: del 6 hasta el 11 de noviembre de 2017. Universidad Nacional de San Juan

4- Fundamentos de la propuesta

La Geocriología Sudamericana es escasamente tratada en el ámbito de las Ciencias de la Tierra que se enseñan en los círculos académicos de la Argentina, tanto desde el punto de vista actualista como del paleoclimático o paleogeográfico. Esta ciencia es de fundamental importancia para entender el sistema criosférico andino en donde se desarrolla y evoluciona el ciclo hidrológico que interacciona con los oasis cuyanos como los que evolucionan -o cambian- hoy en día en la provincia de San Juan. Por otro lado, estudiar la Geocriología mundial, sudamericana o argentina, ayuda a regionalizar naturalmente mejor las provincias políticas comprendiendo su variedad ambiental, climática, biológica y geográficamente. Conocer los sistemas criosféricos andinos ayuda a comprender la ecología andina regional, lo que se debe proteger o cuidar y lo que puede usarse como recurso sustentable para las actividades del hombre moderno.

5- Objetivos:

Brindar conocimientos específicos y actualizados sobre la especialidad de Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Criósfera denominada *Geocriología*. Aprendizaje de los Sistemas Criosféricos. Enseñanza de la Geocriología Sudamericana, presente hoy día en la Cordillera de los Andes y pasada o fósil en toda Sudamérica. Explicar conceptos de geocriología antártica, geomorfología periglacial y procesos criogénicos. Introducción a la ecología e hidrología de los ambientes fríos.

6- Metodología de Enseñanza-Aprendizaje:

Desarrollo de conceptos teóricos a través de conferencias en conjunto con imágenes visuales proyectadas en formato Power Point, por parte del docente responsable del curso. Actividades de interacción docente-cursante, a través de preguntas, presentación de problemas a resolver, seminarios y evaluación final.

7- Sistemas de Evaluación:

Evaluación constante durante el dictado del curso y una evaluación final escrita al culminar el curso.

10. Contenidos:

Tema 1:

Introducción a la Geocriología. Karl Ernst von Baer. Conceptos básicos. Definiciones. Climas periglaciales. Clima H de montaña (Köppen). El concepto de la criósfera. Las regiones criogénicas de Argentina y América del Sud. Capa activa. Capa buffer. Permafrost: evolución. Sistema interactivo de Nieuwenhuijzen y Koster. Sistemática del permafrost andino de acuerdo a Trombotto 2003. Permafrost polar. Tipos de hielo de acuerdo a Shumskiy y otros autores. Ejemplos andinos. Perfiles de temperatura. Cálculo del espesor de la capa activa y del permafrost.

Práctica: Métodos directos e indirectos para detectar permafrost en los Andes – El perfil de Lachenbruch – Ejemplo de perfil de temperatura de las áreas polares englazadas. Análisis de curvas de temperaturas en los Andes.

Tema 2:

Procesos criogénicos I. El fenómeno “congelamiento”. El ciclo de congelamiento y descongelamiento. Índice de congelamiento y factor n. Conductividad térmica. Difusividad térmica. Criometeorización. Crioclastismo. El efecto del congelamiento en las rocas y en los suelos. Sedimentos criogénicos, crioregolito. Glendonita. Selección. Teoría de multicongelamiento de Högbom. Los experimentos de Corte sobre selección. Estructura “openwork”. Índice de selección. Teorías de levantamiento y de empuje por congelamiento. Teoría de convección de Nordenskjöld. Modelo libre de convección. Teoría de presión criostática de Kessler. Teoría de capilaridad. Levantamiento secundario. Crioturbación. Gradiente de susceptibilidad térmica de van Vliet Lanoë. Extrusión. Volcanes de la Tundra.

Práctica: Métodos microscópicos en la identificación de los procesos periglaciales – Indicadores pedológicos en el congelamiento

Tema 3:

Procesos criogénicos II. Solifluxión y gelifluxión, reptación. Craquelamiento criogénico. Contracción térmica. Coeficiente térmico. Levantamiento por congelamiento. Montículos de congelamiento, “earth hummocks” y pingos. Procesos fluviales en el ambiente periglacial. El viento como componente del ambiente criogénico. Löss. Congelamiento estacional. Suelos estructurados: redes, bandas y círculos. Polígonos. Thufurs y moors andinos. Vegetación y congelamiento. Clasificación de formas solifluidales.

Práctica: Mediciones de procesos periglaciales – Criodinámica - Coeficiente de levantamiento por congelamiento - Análisis de un perfil estratigráfico con fenómenos criogénicos

Tema 4:

Geoformas periglaciales típicas de los Andes. Pendientes criogénicas, modelado de pendientes. Ríos de piedra y kurums. Grèzes litées. Valles asimétricos. Valles con fondo de cuna, dells. Manchones de nieve perennes, nivación. Nichos de nivación. Crioplanación, terrazas de crioplanación y Felsenmeer. Teoría de Suchodrovskiy. Tors. Protalus ramparts.

Glaciares de escombros: estructura interna. Glaciares de escombros de los Andes Centrales. Las geoformas y estructuras criogénicas más importantes. Calentamiento global. Procesos de degradación de permafrost y geoformas relacionadas. Procesos de deslizamiento y fallas en estructuras sedimentarias criogénicas. Inestabilidad de pendientes criogénicas.

Geocriología aplicada I: Introducción a la Hidrología Periglacial.

Práctica: Interpretación de geoformas criogénicas en fotos aéreas e imágenes satelitales. Mapeo de formas periglaciales.

Tema 5:

Geocriología aplicada II: Procesos minerocriogénicos. Geotecnología para regiones frías. Áreas susceptibles al congelamiento estacional en Patagonia. Cálculo de la penetración del congelamiento de acuerdo a Berggren. Mapa de susceptibilidad del Chubut de acuerdo a Angellini. Cambio global en el ambiente periglacial. Geoformas de degradación. Relación del permafrost con el metano. Datación de geoformas criogénicas. Paleoambientes criogénicos y paleopermafrost. Formas y estructuras criogénicas fósiles: moldes de cuñas de hielo y de arena. Factores que conducen a un criómero. Criómeros importantes en el Cuaternario y en la historia geológica del Cono Sud Sudamericano. Modelización de permafrost presente y pasado.

Desarrollo de los seminarios. Evaluación

10. Cronograma de desarrollo y Sistema de Evaluación

Clases teóricas : Lunes a Viernes, 8 horas por día, 1 hora de descanso

Clases prácticas: Sábado, a Paso de Agua Negra (provincia de San Juan, Argentina).

| Día | Actividad | |
|-----------|--|--|
| | Mañana | Tarde |
| Lunes | Teórico: Tema 1: Introducción a la Geocriología y los Sistemas Criosféricos | Teórico /Práctico |
| Martes | Teórico: Tema 2: Procesos Criogénicos I | Teórico /Práctico |
| Miércoles | Teórico: Tema 3: Procesos Criogénicos II | Teórico /Práctico |
| Jueves | Teórico: Tema 4: Geocriología Aplicada I | Teórico /Práctico |
| Viernes | Teórico: Tema 5: Geocriología Aplicada II | Teórico /Práctico y Evaluación Escrita |
| Sábado | Salida de campo | Teórico /Práctico |

Examen: Escrito el día viernes a la tarde, aplicando los conocimientos adquiridos en el curso

11. Salida de Campo:

Sábado. Visita a las crioformas del Paso de Agua Negra, provincia de San Juan

12. Duración y Carga Horaria:

60 hs

13. Cupo:

Mínimo 5 personas. Máximo 20 personas

14. Requisitos de Admisión:

Profesionales y egresados de Ciencias Geológicas, Geografía, Geofísica, Ingeniería Geológica y afines

Bibliografía Básica:

Andersland, O. B. & Anderson, D.M. 1978. **Physical and Thermal Properties of Frozen Ground**. Geotechnical Engineering for Cold Regions. Mc Graw-Hill Book Company, 566 pp.

Baer, Karl Ernst von. 1843. **Materialien zur Kenntniss der unvergänglichen Boden-Eises in Sibirien**. Unveröffentlichtes Typoskript. Universitätsbibliothek Giessen: 234 pp., Giessen, 2001.

Ballantyne, C. and Harris, C. 1994. **The Periglaciation of Great Britain**. Cambridge University Press, Cambridge, 340 pp.

Barsch, D. 1996. **Rockglaciers**. Springer, 331 po. Berlin.

Bodin, Xavier y Trombotto L., Dario. 2015. **Evaluación de los aportes de la fotogrametría terrestre en el estudio de los glaciares de escombros (Cordón del Plata, Mendoza, Argentina)**. *Acta Geológica Lilloana* 27 (2): 87-96.

Bottegal, Estefanía. 2017. **Criodinámica e inventario del permafrost en la Cordillera Frontal, Provincia de Mendoza**. *Tesis Doctoral inédita, Universidad Nacional de Córdoba*.

Brenning, A. & Trombotto, D. 2006. **Logistic regression modelling of rock glacier and glacier distribution: Topographic and climatic controls in the semi-arid Andes**. *Geomorphology* 81: 141-154, Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.

Büdel, J. 1981. **Klima-Geomorphologie**. Gebrüder Borntraeger: 304 pp., Berlin - Stuttgart.

Biuletyn Peryglacjalny (1954-1986), 31 Vol., trabajos a determinar.

Corte, A. **Geocriología. El Frío en la Tierra**. Ediciones Culturales de Mendoza. Fundar Editorial Gráfica: 398 pp., 1997.

Church, M. & Slaymaker, O. (Edited by) 1985. **Field and Theory. Lectures in Geocryology**. University of British Columbia Press, Vancouver, 213 pp.

Dalchow, Claus. 1989. **Geökologie_Geomorphologie**. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, 201 pp.

Dixon J.C. & Abrahams, A.D. 1992. **Periglacial Geomorphology**. John Wiley & Sons, Chichester, England, 354 pp.

French, H.M. 1996. **The Periglacial Environment**. Addison-Wesley, Harlow, Essex, 340 pp.

Garleff, K. 1977. **Höhenstufen der argentinischen Anden in Cuyo, Patagonien und Feuerland**. *Göttinger Geographische Abhandlungen*, Heft 68: 150 pp.

Haeberli, W. 1985. **Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers**. *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie*, 77, Zurich, 142 pp.

Harris, S. And others (Prepared by) 1988. **Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms**. National Research Council Canada. Technical Memorandum 142, 156pp.

Harris, Ch. & Murton, J.B. 2005. **Cryospheric Systems**. The Geological Society. UK, 161 pp.

Hoelzle, M., 1992. **Permafrost occurrence from BTS measurement and climate parameters in the Eastern Swiss Alps**. *Permafrost and Periglacial Processes* 3, 143 – 147.

Humlum, O. Trabajos fundamentales en Geocriología a designar. Dinámica de glaciares de escombros.

International Permafrost Association (IPA), The Arctic Institute of North America, The University of Calgary. 1998. **Multilanguage Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms** (Van Everdingen, R.O.; editor), Akerman, H.J., Barry, R.G., Brown, J., Buk, E., Cheng, Guodong, Corte, A.E., Dramis, F., Ferrians, O.J.Jr., Gregersen, O., Hall, K.J., Harris, S.A., Heginbottom, J.A., Karte, J., King, L., Konischew, V.N., Kozarsky, S., Ladanyi, B., Leibman, M.O., Lautridou, J-P., Marks, L., Ottone, C., Palacios, D.E., Petursson, H., Pissart, A., Qiu Guoqing, Repelewska-Pecalowa, J., Romanowski, N., Salvigsen, O., Seppälä, M., Shur, Y., Tarnocai, C., Trombotto, D., Ugolini, F., van Vliet-Lanoë, Zhao Xiufeng & Zhou Youwu, University of Calgary, Alberta, Canada, 207 pp.

Koster E. 1994. **Global Warming and Periglacial Landscapes. In: The Changing Global Environment**. Ed. by: N. Roberts. Blackwell, Oxford y Cambridge, 531 pp.

Maurer, H. & Hauck, Ch. 2007. **Instruments and Methods Geophysical imaging of alpine rock glaciers**. *Journal of Glaciology*, Vol. 53, No. 180, 110-120.

Nötzli, J., Naegeli, B., Vonder Mühl, D. (Edited by). **Permafrost in Switzerland**. Glaciological Reports. University of Zürich.

Schoeneich and others. 2010. **Permafrost in France**. Institut de Géographie Alpine, Grenoble, France.

Proceedings of the International Conference on Permafrost (10 conferencias mundiales hasta la actualidad), trabajos a designar.

Revista periódica **“Permafrost and Periglacial Processes” (1990-actualidad)**, artículos a designar.

Romanovsky V. (lead author); Stephan Gruber; Arne Instanes; Huijun Jin; Sergei S. Marchenko; Sharon L. Smith; Dario Trombotto and Katey M. Walter, 2007. **"FROZEN GROUND"** (chapter 7) in GLOBAL OUTLOOK FOR ICE AND SNOW: 181-197. United Nations Environment Programme, Birkenland Trykkeri A/S, Birkenland, Norway.

Schrott, L. Geocriología de una región de San Juan.

Sileo, N., Dario Trombotto Liaudat, D. y Dapeña, C. 2015. **Estudios preliminares del agua, nieve y hielo en la cuenca del río Vallecitos, Mendoza, Argentina.** *Acta Geológica Lilloana* 27 (2): 130-145.

Tapia Baldis, C. y Dario Trombotto Liaudat, D. 2015. **"Cinturones altitudinales criogénicos en la cuenca del río Bramadero, San Juan, Argentina"**. *Acta Geológica Lilloana* 27 (2): 146-158.

Trombotto, D. 2000. **Survey of Cryogenic Processes, Periglacial Forms and Permafrost Conditions in South America.** *Revista do Instituto Geológico*, Vol. 21, Nr.1/2: 33-55, São Paulo, Brasil.

Trombotto, D., 2002. **Inventory of fossil cryogenic forms and structures in Patagonia and the mountains of Argentina beyond the Andes"**. *South African Journal of Science*, 98: 171-180, Review Articles, Pretoria, Sudáfrica.

Trombotto Liaudat, D. 2008. **Geocryology of Southern South America.** In: "Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego", Jorge Rabassa (Editor). *Developments in Quaternary Sciences*, Volume 11: 255-268, Elsevier, The Netherlands.

Trombotto, D., Buk, E., Hernández, J. 1999. **Rock glaciers in the Southern Central Andes (approx. 33°-34°S), Cordillera Frontal, Mendoza, Argentina.** *Bamberger Geogr. Schriften*, Vol. 19, p. 145-173.

Dario Trombotto & Ana Lía Ahumada. 2005. **Los Fenómenos Periglaciales. Identificación, Determinación y Aplicación.** *Opera Lilloana* Nr. 45: 131 p. Fundación „Miguel Lillo“, de Tucumán, Argentina.

Trombotto Liaudat, D., Arena, L. & Caranti, G. 2008. **Glacial Ice as Cryogenic Factor in the Periglaciation Zone of the Composed Rockglacier Morenas Coloradas, Central Andes of Mendoza, Argentina.** Ninth International Conference on Permafrost, Proceedings, Vol 2: 1781-1786, Edited by Douglas L. Kane and Kenneth M. Hinkel, Institute of Northern Engineering, University of Alaska, Fairbanks, Alaska.

Trombotto, D. & Borzotta, E. 2009. **Indicators of present global warming through changes in active layer-thickness, estimation of thermal diffusivity and geomorphological observations in the Morenas Coloradas rock glacier, Central Andes of Mendoza, Dry Andes, Argentina.** *Cold Regions Science and Technology*, 55: 321-330. Elsevier, The Netherlands.

Trombotto, Liaudat, D., Penas, P., Aloy, G. 2014. **Impact of volcanic processes on the cryospheric system of the Peteroa Volcano, Andes of southern Mendoza, Argentina.** *Geomorphology* 208, 74-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.11.016>

D. Trombotto Liaudat, P. Wainstein y L. U. Arenson. 2014. **"Guía Terminológica de la Geocriología Sudamericana" / "Terminological Guide of the South American Geocryology"**. Vázquez Mazzini Editores, 127 páginas, Buenos Aires.

Saito, K., Trombotto Liaudat, D., Yoshikawa, K., Mori, J., Sone, T., Marchenko, S., Romanovsky, V., Walsh, J., Hendricks, A., Bottegal, E. 2015. **Late Quaternary Permafrost Distribution Downscaled in South America: Examinations of the GCM-based maps with the observations.** *Permafrost and Periglacial Processes*, DOI: 10.1002/ppp.1863

Washburn, A.L. 1979. **Geocryology**. E. Arnold, London: 406 pp.

Williams, P.J. & Smith, M.W. 1989. **The Frozen Earth. Fundamentals of Geocryology**. Cambridge University Press, Cambridge: 306 pp.

Xiaozu, X., Jiacheng, W., Lixin, Z. & Yousheng, D. **Mechanisms of Frost Heave and Salt Expansion of Soils**. Science Press, Beijing-New York, 167 pp.