

ACTAS

Tercer Encuentro Científico del ICES

E-ICES 3

21 al 25 de noviembre de 2005
Malargüe, Mendoza, Argentina

ACTAS

**Tercer Encuentro
Científico del ICES**

E-ICES 3

21 al 25 de noviembre de 2005
Malargüe, Mendoza, Argentina

Foto de Tapa: Payún Liso, Provincia de Mendoza, Argentina.

Compilación: Adolfo Gil, Gustavo Neme, Marcelo de la Fuente
(Museo de Historia Natural de San Rafael).

Diseño y Compaginación: Cristina A. Delfino
Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.

Comité Organizador

Lic. Crhistian Alcalá, Municipalidad de Malargüe
Dr. Adolfo Gil, Museo de Historia Natural de San Rafael
Dr. Gustavo Neme, Museo de Historia Natural de San Rafael
Dra. María Isabel López Pumarega, Comisión Nacional de Energía Atómica
María Armeite, Comisión Nacional de Energía Atómica

Auspician

Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, SECyT
Embajada de Italia en Argentina
Municipalidad de Malargüe, Mendoza, Argentina
Museo de Historia Natural de San Rafael
Sociedad Argentina de Antropología
Fundación Williams

Nota: los trabajos publicados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.
Se presentan aquí los trabajos recibidos para su publicación.

Prólogo

El ICES, "International Centre for Earth Sciences", está formado por las siguientes instituciones: Comisión Nacional de Energía Atómica CNEA; Municipalidad de Malargüe; Istituto di Acustica O.M. Corbino, CNR, Roma Italia; Istituto Nazionale di Oceanografía e di Geofísica Sperimentales OGS, Trieste, Italia; Observatorio Sismológico, Università di Messina, Mesina, Italia; Universidad Nacional de Cuyo UNCu, Mendoza, Argentina.

El ICES está ordenado en cuatro departamentos:

- I) Ambiente y Clima
- II) Recursos y Prospecciones Geofísicas
- III) Riesgo Ambiental y Territorial
- IV) Antropología Ambiental.

Entre el 21 y el 24 de noviembre de 2007, se realizó el Tercer Encuentro, E-ICES 3, en Malargüe, contando con más de 45 expositores y la presentación de más de 10 posters. El objetivo del Encuentro fue reunir por tercera vez, a todos los investigadores nacionales e internacionales, para presentar y discutir los Proyectos que se llevaron a cabo desde el anterior encuentro (E-ICES 2), los que se estuvieran realizando, y también establecer los futuros Proyectos de Investigación que apoyaría el ICES en los próximos años, dentro de las cuatro áreas mencionadas anteriormente. Durante los tres días de la Reunión, los distintos investigadores expusieron en sesiones plenarias los avances de sus trabajos realizados y nuevas propuestas concretas de trabajo en conjunto. Al finalizar cada jornada se realizaron reuniones en cada una de las cuatro áreas de trabajo, presentándose el último día, en la Reunión Plenaria las propuestas ya elaboradas. También hubo presentación de posters.

Durante el desarrollo de este Encuentro se inauguraron las instalaciones del ICES en el predio del Complejo Planetario Malargüe, en la ciudad del mismo nombre, asistiendo importantes autoridades locales e internacionales.

María Isabel López Pumarega

ICES Argentina: <http://www.cnea.gov.ar/cac/ices/>



Inauguración de las Instalaciones del ICES en el Complejo Planetario Malargüe, Noviembre de 2007



Fotografía del algunos de los Participantes del E-ICES 3, 21-23 Noviembre de 2007

Índice

Arqueología y Biogeografía Humana: el Aporte de los Estudios Geoarqueológicos <i>Barberena R.</i>	7
Los Testudinata Mesozoicos del Territorio Argentino: Implicaciones Filogenéticas y Paleobiogeográficas <i>de la Fuente M.S., Sterli J.</i>	15
La Observación de la Atmósfera Neutra e Ionizada en la Latitud Media de “El Arenosillo” <i>de la Morena B.A., Mosert M.</i>	23
Evolución de los Sparassodonta (Mammalia, Metatheria) en América del Sur <i>Forasiepi A.M.</i>	33
A Comparative Study of the Temperature Profiles at Argentina as Example of Mid-Latitudes, With GPS, Radiosonde and Reanalysis <i>Lakkis S.G., Canziani P.O.</i>	41
Distribución Espacial de los Recursos Vegetales en la Laguna Llacanelo Malargüe – Mendoza: sus Implicancias para el Poblamiento Humano del Área <i>Llano C.</i>	53
The North-Western Boundaries of the Caribbean and Scotia Arcs: Structural and Tectonic Analogies <i>Lodolo E., Menichetti M., Tassone A., Giunta G.</i>	59
Los Cinodontes No-Mamaliaformes (Therapsida; Cynodontia) del Triásico Inferior- Medio de la Formación Puesto Viejo, San Rafael, Mendoza <i>Martinelli A.G., de la Fuente M.S.</i>	67
Possible Evidences of Ionospheric Phenomena as Seismic Precursors <i>Mosert M., Pulinets S., Herraiz M., de la Morena B., Ezquer R., Blanco I., Altadill D., Blanch E.</i>	75
Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, Recursos Educativos en la Argentina <i>Pérez Cota M., Groppo M., Meier E., Cerutti P.F., Castro G. J.</i>	79
Aproximación a la Evaluación del Riesgo Natural y Antrópico en el Marco del Plan Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Malargüe <i>Ramires A.</i>	85
Sistematización de Suelos. Eficiencia en la Ejecución del Proyecto en Suelos Complejos <i>Rosatto H.G., Laureda D.A., Villalba G.A., Botta G.F., Rodríguez Plaza L., Atencio A., Caso C.E., Gamboa P.</i>	95

Evaluación de Indicadores Tempranos de Sustentabilidad Nutricional desde el Análisis de Sistemas Agropecuarios Productivos de Zonas Áridas y Semiáridas <i>Scotti A., Stasi C.R., Guevara J.C.</i>	101
Teleoperated Air Vehicles for the Transport of Sensorial Platform <i>Veca A.C., Pérez Peña J., Batistela M.</i>	109

Arqueología y Biogeografía Humana: el Aporte de los Estudios Geoarqueológicos

Ramiro Barberena

CONICET-IMHICIHU-DIPA

*“todo problema arqueológico comienza como un problema en geoarqueología”
Colin Renfrew (1976: 2, nuestra traducción) [1]*

Introducción

El objetivo general de este trabajo es el estudio arqueológico de la organización geográfica de sociedades cazadoras recolectoras que habitaron ambientes de la costa y el interior de Patagonia durante el Holoceno tardío. Para este fin interesa desarrollar un esquema metodológico que permita integrar diferentes tipos de evidencias arqueológicas, geológicas y paleoclimáticas en referencia a un conjunto determinado de preguntas. El campo volcánico Pali Aike (CVPA) [2], ubicado en el interior de Patagonia meridional (provincia de Santa Cruz), es la unidad espacial en la cual centramos el muestreo. Por su posicionamiento, adyacente a la costa septentrional del estrecho de Magallanes y a la costa atlántica, el CVPA es relevante para evaluar problemas geográficos como las formas de interacción establecidas por los humanos entre ambientes de la costa el interior del continente (Figura 1). A su vez, dado que el CVPA se caracteriza por una gran variabilidad geológica, geomorfológica y ecológica, cabe esperar que contenga un amplio espectro de variabilidad espacial en distintos indicadores arqueológicos. Al integrar estos espacios del interior con las localidades costeras que los rodean, como Cabo Vírgenes, la desembocadura del río Gallegos y la costa del Estrecho, se define una unidad de análisis geográfico de gran amplitud. Esta escala de análisis es adecuada para evaluar las propiedades de los rangos de acción y territorios de poblaciones de cazadores recolectores, que pueden tener una dimensión espacial comparable [3, 4].

La biogeografía provee el marco de referencia empleado para evaluar estos problemas arqueológicos [5]. Este enfoque se basa en el análisis de las pautas de conducta y distribución espacial y temporal de poblaciones de organismos en relación con las propiedades del paisaje que habitan, e implica evaluar la influencia que ejerce en las características de procesos históricos de largo plazo. Por lo tanto, el estudio de la configuración del paisaje habitado por los humanos y de los cambios ocurridos en el mismo a través del tiempo es un eje de trabajo principal.

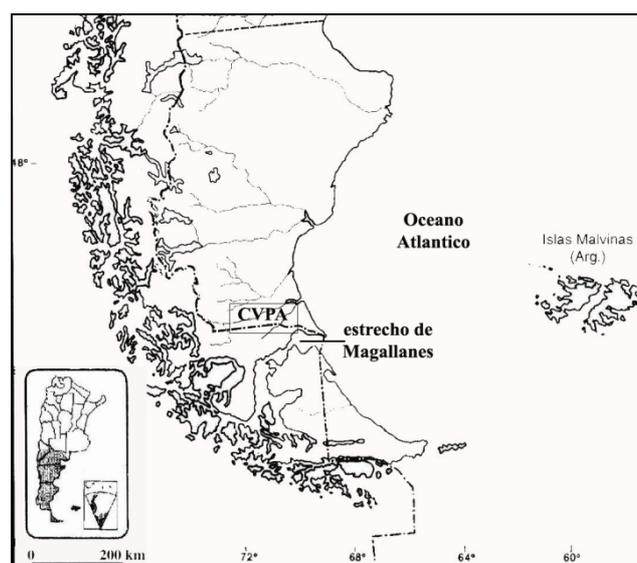


Figura 1. Patagonia meridional y el campo volcánico Pali Aike

Parte de los elementos teóricos necesarios para desarrollar un enfoque biogeográfico ya ha sido tratada por distintos investigadores. El desafío actual más importante es construir un esquema metodológico adecuado para el tratamiento de dichos objetivos. *Este es el nivel de trabajo que determinará el alcance explicativo real de nuestras propuestas.* Se requiere contar con un conjunto sofisticado de herramientas metodológicas que permita integrar distintos tipos de evidencias, localizadas en amplios espacios y procedentes de contextos geológicos y arqueológicos diferentes. Concebimos a la metodología como altamente ‘cargada’ a nivel teórico, ya que se la articula directamente en función de las preguntas.

La *geoarqueología* es la herramienta adecuada para analizar la estructura del escenario en el cual ocurrieron los procesos que estudiamos y para comprender la integración de sus productos materiales en el registro arqueológico. El esquema de escalas espaciales planteado debe ser utilizado para establecer una concordancia con las discusiones arqueológicas generales. El trabajo geoarqueológico debe realizarse en una escala espacial concordante con la escala de las observaciones estrictamente arqueológicas. Este principio de concordancia escalar, que se encuentra en la base de la tafonomía regional [6], contribuye al establecimiento de puentes entre diferentes clases de datos [7]. Aquí se presenta una síntesis del esquema de trabajo desarrollado, sin detallar los datos o discusiones específicas a los cuales se aplicó [8]. Aunque esto limita el alcance de las observaciones que se presenta, permite concentrarse en ciertos aspectos metodológicos que pueden ser de mayor interés general.

Geoarqueología y Escalas Espaciales de Análisis

Las escalas son la dimensión -en tamaño o duración- de las unidades de análisis en relación con las cuales se articulan las hipótesis, la recolección de los datos, su análisis e interpretación. Por lo tanto, inciden en la organización de todas las instancias de una investigación [9, 7] y constituyen el puente entre los conceptos teóricos y las herramientas metodológicas. El éxito del desarrollo de un marco biogeográfico en arqueología reside en la capacidad de *integrar evidencias* regionales y supra regionales procedentes de distintos contextos de superficie y estratigrafía, y los problemas de escalas se encuentran en la base de esta integración. Dado que un enfoque de este tipo implica avanzar desde casos específicos, que corresponden a escalas espaciales pequeñas, hacia patrones de mayor amplitud, se emplea un esquema de escalas jerárquicas e inclusivas [10]. El mismo también permite realizar el camino contrario, o sea, generar expectativas para puntos específicos del espacio a partir de hipótesis generadas para espacios amplios.

Escalas de Región y Supra Región

Los principales objetivos geoarqueológicos en estas escalas amplias son dos: el estudio de *la configuración del paisaje* a nivel geológico y ecológico, incluyendo los cambios ocurridos a través del tiempo, y el análisis de la historia de sedimentación, erosión y pedogénesis, que condiciona los procesos de *formación del registro* en escalas regional y supra regional.

La estructura del paisaje que habita una población de organismos es un marco de referencia fundamental para el desarrollo de discusiones geográficas. El conocimiento sobre las variaciones geológicas y ecológicas a nivel espacial provee la base para comprender la organización de las sociedades humanas en ambientes heterogéneos. Esto ha sido reconocido desde los comienzos del pensamiento biogeográfico, aunque recién en el marco de la escuela Paleoeconómica de Cambridge impulsada por Higgs en la década de 1970 se diseñó un marco de trabajo dirigido a la evaluación arqueológica *sistemática* de estos temas [11]. El actualismo fue uno de los principios fundamentales empleados para comprender la variabilidad arqueológica desde una perspectiva espacial. Si es empleado en forma adecuada, el actualismo es una herramienta de gran valor, ya que permite formular modelos de la estructura del ambiente en el pasado. El procedimiento consiste en partir de un análisis de la configuración actual del paisaje, que brinda un esquema más completo que la información fósil, y descomponer el paisaje actual en aquellos elementos principales que lo componen [12]. Dado que no puede asumirse que las propiedades del espacio sean constantes, el paso siguiente es evaluar su profundidad temporal. Esta forma de trabajo implica discriminar aquellos rasgos fisiográficos que han permanecido relativamente invariables en la escala temporal que se ajusta a nuestros problemas, de aquellos otros que se han modificado.

El segundo nivel de trabajo geoarqueológico se vincula a la *formación del registro arqueológico* en escala regional, que es la otra cara de los procesos que constituyen el paisaje. La historia de un espacio en términos de su dinámica de sedimentación/erosión y estabilidad, producida por la formación de suelos, condiciona diferentes propiedades del registro arqueológico, tales como resolución temporal [13], potencial de preservación de evidencias orgánicas [14] y potencial de mezcla con materiales depositados por procesos naturales [6]. En las escalas amplias de región y supra región nuestro principal objetivo es evaluar los modos tafonómicos característicos de los diferentes ambientes implicados en las hipótesis geográficas. La comparación del registro de ambientes de costa e interior del continente en términos de intensidad de las ocupaciones es un paso fundamental para estudiar temas como la jerarquía de dichos ambientes para la instalación humana. Esta comparación constituye un desafío importante, dado que se trata de mundos geomorfológicos diferentes que condicionan procesos variables de pedogénesis. Por lo tanto, la generación de herramientas que permitan ajustar la comparación de estas evidencias arqueológicas integradas en depósitos que funcionan de modo diferente, es una línea de particular prioridad para el presente trabajo [15]. A este fin hemos aportado evidencias sedimentarias y pedológicas que son informativas sobre los procesos de formación del registro en escalas amplias [8].

Escalas de Sitio y Localidad

La información arqueológica en meso y micro escalas juega un papel muy importante en este esquema de discusión. Los datos geoarqueológicos pertinentes para estas escalas contribuyen a la reconstruir las tasas de sedimentación y evaluar la intensidad de uso humano de localidades específicas a través del tiempo, proveyendo los parámetros adecuados para la interpretación del registro arqueológico estratificado. Para estimar dicha intensidad de uso a partir de las tasas de descarte de artefactos y ecofactos se debe contar con información sobre los procesos que han conformado los depósitos y/o superficies que contienen a los materiales. De este modo, se puede acotar la resolución temporal que los mismos proveen [16]. Como se desarrollará más adelante, este es uno de los puntos de conexión entre la geoarqueología y las preguntas biogeográficas.

Martin y Borrero [17] caracterizan al CVPA como un paisaje compuesto por dos niveles superpuestos, dado que una de sus particularidades es la existencia de un *paisaje subterráneo* conformado por numerosas cuevas, aleros, cámaras y galerías volcánicas. Un conjunto de datos arqueológicos ya disponibles, así como nuestra propia información, sugieren que algunos de estos contextos podrían haber presentado un atractivo particular para los humanos. Por lo tanto, el estudio de la historia del relleno sedimentario de estos espacios rocosos constituye un objetivo geoarqueológico fundamental en las escalas de sitio y localidad [18, 19].

El estudio de registros a cielo abierto, ya sean estratificados o en superficie, constituye el segundo nivel de análisis de los procesos de formación. En promedio, el CVPA presenta condiciones poco apropiadas para la visibilidad de materiales arqueológicos en superficie, aunque en puntos específicos del espacio se han registrado evidencias de este tipo. Por otra parte, se cuenta con evidencias estratigráficas a cielo abierto procedentes de contextos fluviales y lacustres [20]. La información pedogenética empleada en una escala micro contribuye a la contextualización de este tipo de registros en el marco de las discusiones regionales [21].

Líneas de Evidencia

Se han desarrollado dos líneas principales de trabajo geoarqueológico dirigidas a *integrar* los diferentes tipos de evidencias en el CVPA. Las mismas se aplican a las diferentes escalas, aunque ciertos datos se aprovechan a fondo en escalas de supra región y región, mientras que otros resultan más informativos en escalas de localidad y sitio. El paso de integrar evidencias procedentes de distintos contextos es la instancia fundamental de integración de la geoarqueología con las discusiones biogeográficas, ya que esta última requiere la evaluación conjunta de evidencias procedentes de diferentes segmentos de un paisaje [22]. La geoarqueología aporta el conocimiento sobre las condiciones cronológicas y formacionales adecuadas para la interpretación del registro contenido en cada uno de estos segmentos. Por estos motivos, consideramos que la combinación de un marco conceptual biogeográfico y un

marco metodológico geoarqueológico es fundamental para cristalizar la propuesta de trabajo [23].

Registro Pedogenético y Evidencias Arqueológicas a Cielo Abierto

El estudio del registro pedogenético permite identificar los momentos de estabilidad en el paisaje, y también refleja la geomorfología previa sobre la cual se desarrollaron los procesos de formación de suelos. Un suelo es un indicador regional de las condiciones ambientales y ecológicas características del momento de su formación, y el análisis de su distribución y propiedades, así como de las características del material parental a expensas del cual se formó, son relevantes para estudiar las *sucesivas formas del paisaje* a través del tiempo [24]. La estabilidad de un espacio se relaciona con bajas tasas de acreción o erosión y condiciona el potencial de integración de materiales arqueológicos y tafonómicos a nivel estratigráfico, así como la resolución temporal e integridad de los conjuntos. Un esquema de estabilidad del paisaje que se ha propuesto para diferentes regiones del interior y la costa de Patagonia contribuye a evaluar los modos tafonómicos predominantes, proveyendo lineamientos para la interpretación de los conjuntos arqueológicos a cielo abierto [8]. Estos modos tafonómicos de costa e interior se integran en un modelo regional de formación del registro arqueológico.

Otro nivel de trabajo vinculado con el registro pedogenético es el establecimiento de *cronologías relativas*. Los suelos pueden servir como un indicador cronológico, ya que bajo ciertas condiciones constituyen marcadores estratigráficos útiles para el posicionamiento de materiales arqueológicos relacionados con ellos [21]. De este modo, pueden servir para correlacionar evidencias arqueológicas en superficie y estratigrafía a nivel regional y supra regional (lo cual implica considerar la existencia de procesos de migración vertical). La existencia de una unidad de suelo en el Holoceno tardío en la costa atlántica de Punta Dungeness-Cabo Vírgenes [15] es un dato de gran utilidad que permite ajustar las cronologías asociadas al uso humano de los espacios costeros implicados en las hipótesis.

Historia Sedimentaria de los Depósitos Estratificados: Pali Aike como un Laboratorio

Estos datos se vinculan con las escalas de localidad y sitio, observándose claras diferencias en la expresión de las evidencias estratificadas en la costa y el interior. Resumiendo a fines de simplificar el planteo metodológico, se señala que la mayor parte de las evidencias estratificadas en la costa se ubican en depósitos eólicos vegetados, mientras que la mayor parte de las evidencias estratificadas en el interior del continente -que proceden principalmente del CVPA- se ubican en relación con reparos rocosos. Esta situación limita las condiciones de comparabilidad de ambos registros, aunque un análisis geoarqueológico de las condiciones de formación y de la cronología contribuye a este al desarrollo de esta comparación.

El CVPA puede ser definido como un laboratorio para el estudio de los procesos de formación del registro arqueológico en relación con distintos tipos de reparos rocosos. Los objetivos al respecto son dos: en primer lugar se presentan evidencias sedimentológicas y estratigráficas para un conjunto de casos arqueológicos. Este objetivo de corto plazo aporta los lineamientos para un segundo objetivo mayor, que consiste en comprender las variables geológicas y geográficas que condicionan la formación de los depósitos estratificados en el CVPA. Operativamente, se definen cuatro variables que condicionan la historia sedimentaria de los reparos: localización geográfica, posición topográfica, contexto geológico y morfología del reparo (Tabla 1). Existen datos procedentes de distintos lugares del mundo que muestran que estos niveles condicionan la historia de formación de los depósitos [16, 25].

Dentro de las variables *geográficas* la más importante es la localización, que condiciona el tipo de sedimentos disponibles en el área de captación o *catchment* de sedimentos de una cueva o alero [25]. En el caso de Patagonia meridional, donde predominan los vientos procedentes del oeste, esta variable interactúa con la orientación cardinal de los reparos, condicionando las tasas de sedimentación y los procesos erosivos. Los *factores topográficos* locales también condicionan el potencial de un reparo para captar sedimentos transportados por suspensión, saltación o reptación, interactuando con los factores geográficos regionales. A nivel de los *factores geológicos*, y en relación con el caso específico del CVPA, hay dos variables principales: primero, las distintas unidades geológicas de Pali Aike tienen cronologías diferentes y cobertura sedimentaria variable; segundo, hay variaciones en la roca de caja que compone los reparos, ya sea a nivel petrográfico como de la descomposición de dichos

sustratos. Este factor geológico condiciona la intensidad de los aportes endógenos y exógenos y tiene gran importancia para evaluar la evolución morfológica y sedimentaria de un reparo [26]. Por último, en escala micro de sitio se encuentran los *factores morfológicos* que incluyen el tamaño del espacio bajo reparo y el número y tamaño de las conexiones con el ambiente exterior. Estos factores interactúan de forma variable y condicionan la preservación de la señal fósil en un espacio bajo reparo. A su vez, dichos factores condicionan no sólo los procesos sedimentarios y la formación del registro arqueológico, sino también las decisiones humanas de instalación en un espacio. Los mismos se vinculan con las decisiones humanas de circulación o instalación en una escala espacial micro o meso. Eventualmente pueden condicionar decisiones de movilidad en escalas mayores.

Factor	Variable	Escala Espacial
Geográfico	Distancia a costas marinas	Supra región y región
	Orientación cardinal	Sitio
Topográfico	Altura (msnm)	Localidad
	Relación con elementos circundantes del paisaje	Localidad
	Rango de visibilidad en grados	Localidad
Geológico	Roca de caja	Región
	Unidad geológica [9]	Sitio
Morfológico	Tamaño del área bajo reparo	Sitio
	Alturas máxima y mínima del espacio bajo reparo	Sitio
	Carácter de la comunicación con el ambiente externo	Sitio

Tabla 1. Factores condicionantes de la sedimentación en abrigos rocosos

El nivel de formación del registro discutido previamente incide directamente en los aspectos *cronológicos* de los depósitos. Los temas de mayor interés en función de nuestros objetivos son las tasas de sedimentación y la evaluación de la existencia de discontinuidades estratigráficas, ya sean erosivas o no depositacionales. Se ha reconocido que las condiciones de sedimentación son un factor esencial para estimar la intensidad de las ocupaciones humanas a través del tiempo, lo cual aplica tanto al registro arqueológico bajo reparos como a otros contextos. Un aspecto específico que nos interesó evaluar es el rol de los humanos como agentes de sedimentación [27], ya que pueden marcar diferencias en la resolución temporal de los depósitos con ocupaciones intensas.

Breves Conclusiones

Se han presentado los lineamientos principales de la propuesta de trabajo geoarqueológico para Patagonia meridional. Esto pone en evidencia el carácter interdisciplinario de las preguntas realizadas y de las herramientas y los datos necesarios para responderlas. Se enfatiza la importancia de una concordancia en las escalas espaciales de los datos arqueológicos y los geoarqueológicos, ya que esto determina la mutua relevancia de las observaciones. Se detallan las principales líneas de trabajo que fueron propuestas para las diferentes escalas de análisis. En conclusión, se sostiene que la profundidad que alcance el trabajo arqueológico que realizamos está ligada en forma directa con la capacidad de integrar distintos tipos de datos. Esto, a su vez, posibilitará contar con marcos metodológicos sofisticados, adecuados a este fin.

Referencias

- [1] Renfrew, C. 1976. Archaeology and the earth sciences. En: Davidson, D.A. y M.L. Shackley (eds.) *Geoarchaeology: Earth Science and the Past*. 1-5. Londres, Duckworth.
- [2] D'Orazio, M., S. Agostini, F. Mazzarini, F. Innocenti, P. Manetti, M.J. Haller y A. Lahsen. 2000. The Pali Aike Volcanic Field, Patagonia: slab-window magmatism near the tip of South America. *Tectonophysics* 321: 407-427.
- [3] Foley, R. 1981. A Model of Regional Archaeological Structure. *Proceedings of the Prehistoric Society* 47: 1-17.

- [4] Gamble, C.S. 1986. *The Paleolithic Settlement of Europe*. Cambridge, Cambridge University Press.
- [5] Veth, P.M. 1993. *Islands in the Interior. The Dynamics of Prehistoric Adaptations within the Arid Zone of Australia*. Ann Arbor, International Monographs in Prehistory, Archaeological Series 3. 188 pp.
- [6] Borrero, L. A. 2001. Regional Taphonomy: The Scales of Application to the Archaeological Record. En: Buitenhuis, H. y W. Prummel (eds.); *Animals and Man in the Past*. 17-20. Groningen, ARC-Publicatie 41.
- [7] Stein, J.K. 1993. Scale in archaeology, geosciences, and geoarchaeology. En Stein, J.K. y A.R. Linse (eds.); *Effects of Scale on Archaeological and Geoscientific Perspectives*: 1-10. Boulder, Geological Society of America Special Paper 283.
- [8] Barberena, R. 2008. *Arqueología y biogeografía humana en Patagonia meridional*. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Antropología. 396 pp.
- [9] Bailey, G. 2007. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology* 26 (2): 198-223.
- [10] Dincauze, D. 2000. *Environmental Archaeology. Principles and Practice*. Cambridge, Cambridge University Press. 587 pp.
- [11] Higgs, E.S. 1975 (editor). *Palaeoeconomy*. Cambridge, Cambridge University Press.
- [12] Stafford, C.R. 1995. Geoarchaeological Perspectives on Paleolandscapes and Regional Subsurface Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2 (1): 69-104.
- [13] Stern, N. 1994. The implications of time-averaging for reconstructing the land-use patterns of early tool-using hominids. En: Oliver, J., N. Sikes y K. Steart (eds.) *Early Hominid Behaviourial Ecology*: 89-105. Orlando, Academic Press.
- [14] Behrensmeyer, A.K., J.D. Damuth, W.A. Di Michele, R. Potts, H. Sues y S. Wing. 1992. *Terrestrial Ecosystems through Time. Evolutionary Paleoecology of Terrestrial Plants and Animals*. Chicago, The University of Chicago Press.
- [15] Favier Dubois, C.M. 2003. Late Holocene climatic fluctuations and soil genesis in southern Patagonia: effects on the archaeological record. *Journal of Archaeological Science* 30 (12): 1657-1664.
- [16] Farrand, W.R. 2001. Archaeological Sediments in Rockshelters and Caves. En Stein, J.K. y W.R. Farrand (eds.); *Sediments in Archaeological Context*: 29-66. Salt Lake City, The University of Utah Press.
- [17] Martin, F.M. y L.A. Borrero. 2004. Mundo Subterráneo: Regional Taphonomy at the Pali Aike Lava Field, Southern Patagonia. Presentado al 69th Meeting of the Society for American Archaeology, Montreal, Canadá.
- [18] Favier Dubois, C. y L.A. Borrero. 1997. Geoarchaeological Perspectives on Late Pleistocene Faunas from Ultima Esperanza Sound, Magallanes, Chile. *Anthropologie* XXXV/2: 207-213.
- [19] Goldberg, P. y S.C. Sherwood. 2006. Deciphering Human Prehistory through the Geoarchaeological Study of Cave Sediments. *Evolutionary Anthropology* 15: 20-36.
- [20] Nami, H.G. 1999. Arqueología en la localidad arqueológica de Pali Aike, cuenca del río Chico (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Praehistoria* 3: 189-218.
- [21] Holliday, V.T., C.R. Ferring y P. Goldberg. 1993. The scale of soil investigations in archaeology. En: Stein, J.K. y A.R. Linse (eds.) *Effects of Scale on Archaeological and Geoscientific Perspectives*: 29-37. Boulder, Geological Society of America Special Paper 283.
- [22] Barberena, R., A. Blasi y C. Castiñeira. 2007. Geoarqueología y biogeografía: el registro de cuevas en Pali Aike. En: Morello, F., A. Prieto, M. Martinic y G. Bahamondes (eds.); *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos*, pp. 75-87. Punta Arenas, Ediciones CEQUA.
- [23] Potts, R., A.K. Behrensmeyer y P. Ditchfield. 1999. Paleolandscape variation and Early Pleistocene hominid activities: Members 1 and 7, Olorgesailie Formation, Kenya. *Journal of Human Evolution* 37 (5): 747-788.
- [24] Birkeland, P.W. 1999. *Soils and geomorphology*. 3ra Edición. Oxford, Oxford University Press.
- [25] Mandel, R.D. y A.H. Simmons. 1997. Geoarchaeology of the Akrotiri Aetokremnos Rockshelter, Southern Cyprus. *Geoarchaeology* 12 (6): 567-605.
- [26] Laville, H., J.P. Rigaud y J. Sackett. 1980. *Rock Shelters of the Perigord. Geological Stratigraphy and Archaeological Succession*. New York, Academic Press.

- [27] Collins, M.B. 1991. Rockshelters and the Early Archaeological Record in the Americas. En Dillehay, T.D. y D.J. Meltzer (eds.); *The First Americans. Search and Research*: 157-181. Boca Raton, CRC Press.

Los Testudinata Mesozoicos del Territorio Argentino: Implicaciones Filogenéticas y Paleobiogeográficas

Marcelo S. de la Fuente
Juliana Sterli

Departamento de Paleontología
Museo de Historia Natural de San Rafael. Unidad Asociada CRICYT-CONICET
Parque Mariano Moreno
(5600) San Rafael
Provincia de Mendoza. Argentina

Introducción

Los Testudinata (tortugas) constituyen un clado monofilético de amniotas que está caracterizado por el desarrollo de una coraza ósea (caparazón dorsal y plastrón) que incluye a las cinturas pectorales en posición interna respecto de las costillas [1]. Aunque el registro de tortugas es abundante durante el Cretácico y el Cenozoico, el correspondiente a los dos primeros períodos de la Era Mesozoica (Triásico y Jurásico) está escasamente representado. Esto se manifiesta en significativos hiatos temporales en el registro mesozoico que se traduce en la imposibilidad del reconocimiento de “Bauplan” intermedios en estos intervalos. En consecuencia esta incertidumbre morfológica plantea interrogantes sobre el origen y la radiación basal del “crown group” de las tortugas.

En este contexto general el registro de tortugas mesozoicas del territorio argentino es el más amplio y diverso de América del Sur, extendiéndose desde el Noriano-Rético (Triásico Superior) hasta el Maastrichtiano (Cretácico Superior). En este lapso temporal de aproximadamente 145 millones de años (m.a.) se reconocen dos hiatos: uno comprendido entre el Hettangiano y el Batoniano (43 m.a.) y otro entre el Berriasiano y el Barremiano (22 m.a.). Consecuentemente con estos “gaps” los registros pre-apitianos son aislados (sólo se reconocen 4 taxones) pero de gran significación evolutiva ya que están representados por dos “stem” Testudines [2, 3, 4], por un Eucryptodira incertae sedis [5, 6] y por un “stem” Pleurodira [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Los mismos nos brindan valiosa información sobre las características de los primeros representantes de los Testudinata. A diferencia de lo que ocurre con los registros pre-apitianos los correspondientes al Aptiano-Albiano y al Cretácico Superior son muchos más abundantes, reconociéndose un mayor número de localidades y horizontes portadores de diferentes especies extintas [6, 13, 14]. Conforme con esta ilación, en esta contribución se presentará (en orden cronológico) una sinopsis de los principales descubrimientos de tortugas mesozoicas efectuados en el territorio argentino, haciendo hincapié en la significación que estos quelonios tienen en los análisis de parsimonia y en las interpretaciones paleobiogeográficas que de estos estudios filogenéticos se desprenden.

Resultados

Triásico

Las tortugas triásicas son conocidas desde 1884, cuando se localizaron un buen número de especímenes en diferentes canteras de Alemania. Dichos especímenes fueron estudiados a fines de siglo XIX y principios del siglo XX [3] y vueltos a estudiar a mediados [15] y fines del siglo XX [16, 17, 18]. Todos los especímenes proceden de horizontes norianos recuperados de canteras aisladas del territorio alemán. El material europeo ha sido referido a dos taxones: *Proganochelys quenstedti* y *Proterochersis robusta*. *Proganochelys* ha sido considerado el grupo hermano de las restantes tortugas, mientras que *Proterochersis* fue propuesto como el más antiguo pleurodira por algunos autores [19, 20], mientras que otros lo consideran un “stem” Testudines [2, 21]. Otros restos de tortugas triásicas asignados a la Familia Proganochelidae son aquellos procedentes de afloramientos de la Formación Huai Hin Lat expuestos en Tailandia [22] y de los correspondientes a la Formación Fleming Fjord de Groenlandia Oriental [23].

La prospección paleontológica realizada en una localidad situada a 2 km al NW de “La Esquina” en la provincia de La Rioja (Argentina), resultó en el hallazgo de un gran número de

especímenes de tortugas. Uno de los esqueletos rescatados presenta un excelente estado de preservación, conservando el cráneo, mandíbulas y la casi totalidad del postcráneo (vértebras cervicales, caparazón, vértebras caudales y esqueleto apendicular). Este y otros especímenes fueron referidos por [2] al nuevo taxón *Palaeochersis talampayensis*. Como *Proganochelys quenstedti* en la tortuga triásica argentina *Palaeochersis talampayensis* persisten muchos rasgos primitivos (aperturas nasales externas separadas por una proyección ascendente del premaxilar, huesos que se pierden o se fusionan como los supratemporales, persistencia de proyecciones epiplastrales y un proceso entoplastral expandido posteriormente en el plastrón). Además de estas condiciones primitivas en *Palaeochersis talampayensis* se manifiestan otras más avanzadas (la fusión del paladar con el basicráneo, un incipiente desarrollo de la cavidad auditiva y una adherencia más firme de la pelvis con el caparazón), de ello se desprende que *Palaeochersis talampayensis* es una tortuga más derivada que *Proganochelys quenstedti*. El horizonte portador de estos esqueletos de la tortuga *Palaeochersis talampayensis* corresponde al sector superior de la Formación Los Colorados (Noriano-Rético). Con la excepción de *Palaeochersis* los otros taxones de quelonios triásicos proceden de masas continentales laurásicas, representando el registro argentino la primera tortuga triásica conocida en los dominios meridionales de la Pangea, que devendrán en las masas continentales de Gondwana. En este supercontinente, el registro más temprano de un Testudinata fuera de Argentina es *Australochelys africanus* [24, 25] de la Zona-Acmé de *Tritylodon* parte media de la Formación Elliot, Jurásico temprano (África del Sur). Estos autores [2] identificaron un grupo monofilético formado por *Australochelys* y *Palaeochersis* (Familia Australochelidae), representando este clado un linaje basal reconocido durante la diferenciación temprana de los Testudinata [2, 3, 26].

Jurásico

Después de un manifiesto hiato temporal de 43 m.a. (comprendido entre el Hettangiano y el Batoniano) las tortugas jurásicas más antiguas de Argentina proceden de niveles continentales de la Formación Cañadón Asfalto (Calloviano-Oxfordiano) en exposiciones del sitio Queso Rallado [27] en las cercanías de Cerro Cóndor, Patagonia Central (Provincia de Chubut). Estas tortugas son referidas a *Condorchelys antiqua*, un nuevo taxón de Pantestudines [4], representado por varios ejemplares conocidos por restos craneanos y post-craneanos que nos brindan valiosa información de las características de un Testudinata basal. Este nuevo género y especie presenta similitudes morfológicas con tortugas del Jurásico temprano de Arizona (*Kayentachelys aprix*) y de India (*Indochelys spatulata*).

A posteriori de otro intervalo (comprendido entre el Berriasiano y el Barremiano) sin registro fósil de quelonios de aproximadamente 22 m.a tortugas panpleurodiras (*Notoemys laticentralis*) y eucryptodiras (*Neusticemys neuquina*) fueron encontradas en Patagonia nordoccidental en horizontes titonianos marinos de la Cuenca Neuquina. En la mencionada cuenca la Formación Vaca Muerta es la unidad litoestratigráfica portadora de estas tortugas. La panpleurodira *Notoemys laticentralis* está representada por tres especímenes de pequeño tamaño (longitud máxima del caparazón 270 mm). Esta especie fue nominada en 1961 [28] como un nuevo taxón de Testudines sobre la base de un holotipo consistente en un caparazón dorsal y un fragmento del plastrón de un mismo individuo. Este espécimen fue descubierto por el Dr. Osvaldo Reig en una laja, en un edificio de Acassuso (Provincia de Buenos Aires), procedente de una cantera de la localidad de Las Lajas (Provincia de Neuquén). En 1977 [29] *Notoemys* se refirió a la familia Plesiochelyidae sobre la base del holotipo. Posteriormente, con el hallazgo de nuevos y mejor preservados especímenes procedentes de Cerro Lotena y Los Catutos (Provincia de Neuquén), *Notoemys laticentralis* fue descrita con mayor detalle [30, 31, 32], lo cual permitió su reasignación como una Pleurodira (= Panpleurodira [33]). Recientemente otros investigadores [12] revisaron la anatomía del cráneo y las vértebras cervicales del espécimen de Cerro Lotena y confirmaron la decisión taxonómica de los autores arriba mencionados, ampliando el estudio de esta especie con una detallada comparación con pleurodiras y criptodiras extintos y vivientes.

Más allá de los diferentes puntos de vista sobre la resolución filogenética de las relaciones entre *Notoemys* y los principales grupos de tortugas pleurodiras, aquí expresada en notación parentética como (*Proganochelys quenstedti* (*Proterochersis robusta* (*Platycheilus oberndorferi* (*Caribemys oxfordiensis* (*Notoemys laticentralis* (Pelomedusides, Chelidae)))))) [6, 9, 32, 34]; o como (*Proganochelys quenstedtii* (*Proterochersis robusta* ((Pelomedusoides, Chelidae) (*Platycheilus oberndorferi* (*N. oxfordiensis* (*N. laticentralis*, *N. zapatocaensis*)))))) [10] los

diferentes autores coinciden en que *Notoemys laticentralis* es un “stem” pleurodira (= panpleurodira [33]) La otra especie recuperada de afloramientos titonianos de la Fm. Vaca Muerta es la criptodira *Neusticemys neuquina* [35] y se conoce a partir de seis ejemplares representados por una mandíbula y restos postcraneos de mediano tamaño (longitud del caparazón dorsal 471mm) procedentes de tres localidades neuquinas (Cerro Lotena, Los Catutos y Trincajuera). Esta especie está caracterizada por poseer una mandíbula con una corta sínfisis (sugiriendo la ausencia de un paladar secundario), un caparazón deprimido y ancho con una quilla en el tercio posterior del mismo, con un alargamiento anteroposterior y marcadas fenestras costo-periféricas, y un plastrón con una gran fenestra central y un par de fenestras laterales. Otros rasgos derivados incluyen especializaciones en los autopodios [6, 31]. Si bien distintos autores la han referido tentativamente a diferentes familias de tortugas (por ej., Plesiochelyidae? [31] o Protostegidae [11]) sobre la base de ciertos rasgos anatómicos del caparazón, algunos de los cuales están relacionados con adaptaciones a hábitos pelágicos [6], la ausencia de restos craneanos en los ejemplares conocidos de *Neusticemys neuquina* impide resolver con certeza su posición filogenética dentro de los Eucryptodira.

Cretácico

A posteriori de un intervalo sin registro de quelonios de 22 m.a. (comprendido entre el Berriasiano y el Barremiano) las tortugas cretácicas más antiguas proceden de la Formación Cerro Barcino de cuyo Miembro inferior Puesto la Paloma (Aptiano-Albiano) [36 y referencias allí citadas], expuesto en las localidades de “Turtle Town” y Cerro Chivo (Provincia de Chubut) se han hallado dos taxones correspondientes a diferentes grupos de quelonios. Uno de ellos está representado por *Chubutemys copelloi* una nueva criptodira que de acuerdo a algunos investigadores [37] estaría estrechamente relacionada con el clado conformado por la tortuga del Cretácico inferior de Australia *Otwayemys* y los meiolánidos (tortugas terrestres con cornamenta). La otra tortuga corresponde a un nuevo taxón de Pleurodira Chelidae estrechamente relacionado con los quélidos cretácicos de la Cuenca Neuquina [38]. En el ámbito de esta misma cuenca en afloramientos del Miembro Superior de la Formación Lohan Cura atribuido al Albiano [39] se descubrieron abundantes restos de pleurodiros quélidos referidos al género *Prochelidella* [40].

A diferencia de lo que ocurre en el Cretácico Inferior en la serie Superior el registro paleontológico de quelonios posee mayor continuidad extendiéndose desde el Cenomaniano hasta el Maasstrichtiano temprano [6, 14]. La principal fuente de tortugas cretácicas del territorio argentino es la Cuenca Neuquina, donde afloran distintas unidades litoestratigráficas de los grupos Neuquén y Malargüe [41]. Otras áreas de procedencia corresponden las secuencias sedimentarias campanianas-maastrichtianas (Formaciones Allen, La Colonia, Los Alamitos) expuestas en las proximidades del macizo Nordpatagónico (provincias de Río Negro y Chubut). Así como afloramientos del Cretácico Superior de la Cuenca de San Jorge (Formación Bajo Barreal) expuestos en Patagonia central (provincia de Chubut) y de la Cuenca Austral (Formación Mata Amarilla) del extremo meridional de la provincia de Santa Cruz [6 y referencias allí citadas]. Las tortugas del Cretácico Superior están representadas por pleurodiros quélidos y pancryptodiros meiolanidos, así como por pleurodiros podocnemidoideos [42, 43, 46] que algunos autores [13, 14, 44] calificaron como de origen sur y norgondwánicos respectivamente. Las diferentes especies de quélidos nominados (*Bonapartemys bajarrealis*, *Linderochelys rinconensis*, *Lomalatachelys neuquina*, *Palaeophrynops patagonicus*, *Prochelidella argentinae*, *Pr. portezuelae* y *Yaminuechelys gasparinii*) están relacionados con grupos de quélidos vivientes sudamericanos (*Acanthochelys*, *Chelus*, *Phrynops* e *Hydromesusa*), tal como fue propuesto por diversos autores [6, 40, 45, 46, 47, 48]. Finalmente los pleurodiros podocnemidoideos están representados por la especie *Portezueloemys patagonica*, estrechamente relacionada con *Bauruemys elegans* y los podocnemididos fósiles y vivientes [46, 49].



Figura 1. Mapa de la República Argentina en el que se sitúan las principales localidades mesozoicas con registro de tortugas (enumeradas en sentido latitudinal de norte a sur). Los cuadrados indican localidades triásicas (Fm. Los Colorados), los triángulos localidades jurásicas (Fm. Cañadon Asfalto, Vaca Muerta) y los círculos localidades cretácicas (Fm. Allen, Anacleto, Bajo Barreal, Bajo de la Carpa, Candeleros, Cerro Barcino, La Colonia, Lohan Cura, Loncoche, Los Alamitos, Mata Amarilla, Plottier, Portezuelo). 1, Proximidades de La Esquina; 2, Ranquil-Có; 3, Cañadón Amarillo; 4, Cerro de la Parva; 5, Loma del Lindero; 6, Trincajuera; 7, Embalse Cerros Colorados; 8, Loma de la Lata; 9, Sierra del Portezuelo; 10, El Chocón; 11, Las Lajas; 12, Los Catutos; 13, Cerro Lotena; 14, Cerro Leones; 15, Aguada del Caño; 16, Lago Pelegrini; 17, Gral. Roca; 18, Salitral Moreno; 19, Trapal-Có; 20, La Buitrera; 21, Área Arroyo Yaminué (Cerro Blanco, El Abra, El Palomar); 22, Los Alamitos; 23, Cari-Laufquen Chica; 24, Cerro Bosta; 25, Queso Rallado; 26, "Turtle Town" y Cerro Chivo; 27, Colhue Huapi; 28, Estancia Ocho Hermanos; 29, Río Sehuen

Edad	Localidad	Taxa
Cretácico Superior o Eoceno	(27) Alrededores de Colhue Huapi	<i>N. argentina</i>
Campaniano-Maastrichtiano	(2) Ranqui-Có	Chelidae indet.
Campaniano-Maastrichtiano	(16) Lago Pelegrini, (18) Salitral Moreno, (19) Trapal-Có, (21) Área Arroyo Yaminué (Cerro Blanco, El Abra, El Palomar)	cf <i>N. Argentina</i> <i>Y. gasparinii</i> y diversas especies de quelidos no nominadas
Campaniano-Maastrichtiano	(22) Ea. Los Alamitos	cf <i>N. argentina</i> <i>Pa. patagonicus</i> y diversas especies de quelidos no nominadas
Campaniano-Maastrichtiano	(24) Cerro Bosta	Chelidae indet. Meiolaniidae indet.
Pre-Maastrichtiano	(23) Cari-Laufquen Chica	cf. <i>Yaminuechelys</i> sp.
Cretácico Superior	(29) Río Shehuen	Chelidae indet..
Turoniano-Coniaciano	(5) Loma del Lindero	<i>Linderochelys rinconensis</i>
Santoniano-Campaniano	(7) Embalse Cerros Colorados, (17) Gral. Roca	Podocnemidoidae indet. Testudines indet.
Santoniano	(8) Loma de La Lata	<i>Lo. Neuquina</i>
Santoniano- Campaniano	(3) Cañadón Amarillo	Podocnemidoidae indet Chelidae indet.
Coniaciano-Santoniano	(15) Agua del Caño	Testudines indet...
Turoniano-Coniaciano	(9) Sierra del Portezuelo	<i>Pr. portezuelae</i> <i>Po. Patagonica</i>
Cenomaniano-Turoniano	(28) Ea. Ocho Hermanos	<i>Bo. bajobarrealis</i> <i>Pr. argentinae</i>
Cenomaniano-Turoniano	(10) El Chocón, (20) La Buitrera	<i>Prochelidella</i> spp.
Aptiano-Albiano	(14) Cerro Leones	<i>Prochelidella</i> spp.
Aptiano-Albiano	(26) "Turtle Town"- Cerro Chivo	<i>Chubutemys copelloi</i> Chelidae indet.
Berriasiano-Barremiano		
Titoniano	(4) Cerro de La Parva, (6) Trincajuera, (11) Las Lajas, (12) Los Catutos, (13) Cerro Lotena	<i>No. laticentralis</i> , <i>Ne. Neuquina</i> Testudines ndet..
Kimmeridgiano		
Calloviano-Oxfordiano	(25) Queso Rallado	<i>Condorchelys antiqua</i>
Hettangiano-Batoniano		
Noriano-Rético	(1) Proximidades de La Esquina	<i>Palaeochersis talampayensis</i>

Tabla 1. Principales localidades mesozoicas (en orden cronológico) del territorio argentino portadoras de quelonios

Conclusiones

- 1.- El registro de tortugas mesozoicas del territorio argentino es el más extenso y diverso de América del Sur, extendiéndose desde el Noriano-Rético (Triásico Superior) hasta el Maastrichtiano (Cretácico Superior).
- 2.- Los registros triásicos están restringidos a *Palaeochersis talampayensis* procedente del sector superior de la Formación Los Colorados (Noriano-Rético), provincia de La Rioja. Esta especie no sólo representa a la tortuga más antigua de América del Sur sino que es

un Testudinata basal y está estrechamente relacionada con *Australochelys africanus* de la Formación Elliott (Jurásico inferior) de África del Sur.

- 3.- A posteriori de un hiato de 43 m.a. el registro más temprano del Jurásico está representado por un nuevo Pantestudines de la Formación Cañadón Asfalto (Calloviano-Oxfordiano) de la provincia de Chubut. Esta especie presenta similitud morfológica con *Kayentachelys aprix* de la Formación Kayenta (Jurásico inferior) de Arizona y con *Indochelys spatulata* de la Formación Kota (Jurásico inferior) de India.
- 4.- Sedimentitas Titonianas (Jurásico Superior) de la Cuenca Neuquina brindan restos de otras dos especies de tortugas: una correspondiente a una Eucryptodira incertae sedis (*Neusticemys neuquina*) y otra correspondiente a una Panpleurodira (*Notoemys laticentralis*). Esta última especie ha sido considerada en términos cladísticos como el grupo hermano de las restantes Pleurodira.
- 5.- Después de otro hiato de 22 m.a. entre el Berriasiano y el Barremiano se han descubierto en niveles aptiano-albianos de la Formación Cerro Barcino, expuestos en Patagonia Central, una Cryptodira basal (*Chubutemys copelloi*) y una Pleurodira Chelidae. Restos de Chelidae también fueron hallados en niveles albianos de la Formación Lohan Cura expuestos en la provincia de Neuquén.
- 6.- En distintos horizontes comprendidos entre el Cenomaniano hasta el Maastrichtiano (Cretácico superior), aflorantes en el ámbito de las cuencas Neuquina, de San Jorge y Austral como así también en secuencias sedimentarias expuestas en las laderas del Macizo Nordpatagonico se han mencionado, descrito y nominado diferentes taxones de tortugas correspondientes a Pancryptodira (Meiolaniidae) y Pleurodira (Chelidae y Podocnemidoidea).
- 7.- A partir de los análisis de parsimonia realizados se detectan estrechas relaciones parentales entre taxones que se distribuían en los continentes que formaban el Gondwana Oriental (Chelidae, Meiolaniidae) y los que habitaban Gondwana Occidental (Pelomedusoides Podocnemidoidea) durante el Cretácico.

Agradecimientos

Agradecemos a los Dres. Gustavo Neme y Adolfo Gil por su invitación para participar del Tercer Encuentro de ICES en Malargüe.

Referencias

- [1] Burke, A. C. 1989. Epithelial-mesenchymal interactions in the development of the chelonian bauplan. *Fortschritte der Zoologie* 35: 206-209.
- [2] Rougier, G., de la Fuente, M.S. y Arcucci, A.. 1995. Late Triassic turtles from South America. *Science* 268 (5112): 855-858. Washington.
- [3] Sterli, J., de la Fuente, M. S. y Rougier, G. 2007 .Anatomy and relationships of *Palaeochersis talampayensis*. A Late Triassic turtle from Argentina. *Palaeontographica Abteilung A* 281: 1-61. Stuttgart.
- [4] Sterli, J. 2008. A new, nearly complete stem turtle from the Jurassic of South America with implications for turtle evolution. *Biology Letters* 4: 286-289. London.
- [5] Gasparini Z. B. de, Spalletti L. y de la Fuente, M.S. 1997. Marine Reptiles of a Tithonian transgression, Western Neuquén Basin, Argentina. *Facies and Palaeoenvironments*. *Geobios* 30 (5): 701-712. Lyon.
- [6] De la Fuente, M.S. 2007. Chapter 3. Testudines. En: Z. Gasparini, L. Salgado & R. Coria (eds) *Patagonian Mesozoic Reptiles*. Indiana University Press. Bloomington Indiana. Pp: 50-86.
- [7] Fernández, M.S., y de la Fuente, M.S. 1994. Redescription and phylogenetic position of *Notoemys*: The oldest Gondwanian pleurodiran turtle. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 193(1): 81-105. Stuttgart
- [8] Meylan, P.A. 1996. Skeletal morphology and relationships of the early Cretaceous side-necked turtle, *Araripemys barretoii* (Testudines: Pelomedusoides: Araripemydidae), from the Santana Formation of Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16 (1): 20-33.
- [9] De la Fuente, M.S., e Iturralde-Vinent, M. 2001. A new pleurodiran turtle from Jagua Formation (Oxfordian) of Western Cuba. *Journal of Paleontology* 75: 860-869. Lawrence.

- [10] Cadena Rueda, E. A., y Gaffney, E. S. 2005. *Notoemys zapatocaensis*, a New Side-Necked Turtle (Pleurodira: Platycheilyidae) from the Early Cretaceous of Colombia. *American Museum Novitates* 3470: 1-19. New York
- [11] Lapparent de Broin, F. de. 2001. The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia* 4(3): 155-216. Paris.
- [12] Lapparent de Broin, F. de, de la Fuente, M. S. y Fernández, M. S. 2007. *Notoemys* (Chelonii, Pleurodira), Late Jurassic of Argentina: new examination of the anatomical structures and comparisons. *Revue de Paléobiologie* 26 (1): 99-136. Genève.
- [13] Broin, F. de, y de la Fuente, M. S. 1993a. Les tortues fossiles d'Argentine: première synthèse. *Table Ronde Européenne Paléontologie et Stratigraphie d'Amérique Latine* (Lyon, 1992). *Documents des laboratoires de Géologie Lyon* 125 : 73-84.
- [14] Broin, F. de, y de la Fuente, M. S. 1993b. Les tortues fossiles d'Argentine: Synthèse. *Annales de Paléontologie* 79:169-232. Paris.
- [15] Parsons, T.S. y Williams, E. 1961. Two Jurassic turtles skulls: a morphological study. *Bulletin Museum Comparative Zoology* 125: 43-107. Cambridge
- [16] Gaffney, E.S. and L.J Meeker, 1983. Skull morphology of the oldest turtles: a preliminary description of *Proganochelys quenstedti*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 3:25-28.
- [17] Gaffney, E.S. 1985. The shell morphology of the Triassic turtle, *Proganochelys*. *Neues Jahrbuch für. Geologie und. Palaeontologie. Abhandlungen* 170: 1-26. Stuttgart.
- [18] Gaffney, E.S. 1990. The comparative osteology of the Triassic turtle *Proganochelys*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 194:1-263. New York.
- [19] Fraas, E., 1913. *Proterochersis*, eine pleurodire Schildkröte aus dem keuper. *Jahreshberg Verein Vaterl. Naturkunde, Württemberg* 80: 13-30.
- [20] Gaffney, E. S. and P. A. Meylan. 1988. A phylogeny of turtles. En: M. J.Benton (Ed.) *The Phylogeny and Classification of the Tetrapod, Volume I: Amphibians, Reptiles, Birds.*, Systematic Association Special Volume No. 35A, pp. 157- 219. Clarendon Press, Oxford.
- [21] Joyce, W. 2007. Phylogenetic relationships of Mesozoic turtles. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History* 48:3-102. New Haven.
- [22] Broin, F. de. 1985. *Proganochelys rucha* n.sp., chélonien du Trias supérieur de Thaïlande. *Studia Geol. Salmanticensia. Vol. Esp. 1 Studia Palaeocheloniologica* 1: 87-97.
- [23] Jenkins Jr., F. A., N. H. Shubin, W. W. Amaral, S. M. Gatesy, C. R. Schaff, L. B. Clemmensen, W. R. Downs, A. R. Davidson, N. Bonde and F. Osbaeck. 1994. Late Triassic continental vertebrates and depositional environments of the Fleming Fjord Formation, Jameson Land, East Greenland. *Meddelelser om Gronland, Geoscience* 32, 3- 25.
- [24] Gaffney, E.S. y Kitching, J.W. 1994. The most ancient African turtle. *Nature* 369: 55- 58.
- [25] Gaffney, E.S. y Kitching, J. W. 1995. The morphology and relationships of *Australochelys*, an Early Jurassic Turtle from South Africa. *American Museum Novitates* 3130: 1-29.
- [26] Rougier, C., de la Fuente, M.S. y Arcucci, A. 1998. La evolución de las tortugas. *Investigación y Ciencia* 258: 62-70. Barcelona
- [27] Rauhut, O., Martin, T., Ortíz-Jaureguizar, E. y Puerta, P. 2002. A Jurassic mammal from South America. *Nature* 416:165-168. London
- [28] Cattoi, N. y Freiberg, M.A. 1961. Nuevo hallazgo de *Chelonia* extinguidos en la República Argentina. *Physis* 22 (63): 202. Buenos Aires
- [29] Wood, R.C y Freiberg, M. 1977. Redescription of *Notoemys laticentralis*, the oldest fossil turtle from South America. *Acta Geologica Lilloana* 13 (6): 187-204. Tucumán
- [30] De la Fuente, M.S., y Fernández, M.S. 1989. *Notoemys laticentralis* Cattoi y Freiberg, 1961, from the Upper Jurassic of Argentina: a member of the Infraorder Pleurodira (Cope, 1868). *Studia Geologica Salmanticensia. Studia Paleocheloniologica* 3 (2): 25-32. Salamanca.
- [31] Fernández, M.S., y de la Fuente, M.S. 1993. Las tortugas casiquelidias de las calizas litográficas titonianas del área de Los Catutos, Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 30(3): 283-295. Buenos Aires.
- [32] Fernández, M. S. y de la Fuente, M.S. 1994. Redescription and phylogenetic position of *Notoemys*: The oldest Gondwanian pleurodiran turtle. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 193 (1): 81-105. Stuttgart
- [33] Joyce, W; Parham, J.F. y Gauthier, J.A. 2004. Developing a protocol for the conversion of rank- based taxon names to phylogenetically defined clade names, as exemplified by turtles. *Journal of Paleontology* 78 (5): 989- 1013. Lawrence.

- [34] Lapparent de Broin, F. de. 2000. The oldest pre-Podocnemidid (Chelonii, Pleurodira), from the early Cretaceous, Ceará state, and its environments. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona* 9: 43-95.
- [35] Fernández, M.F. y de la Fuente, M.S. 1988. Una nueva tortuga (Cryptodira: Thalassemydidae) de la Formación Vaca Muerta (Jurásico: Titoniano) de la provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 25 (2): 129-138. Buenos Aires.
- [36] Silva Nieto, D.; Cabalieri, N; Salani, F., Gonzalez Díaz y Coluccia, A. 2002. Hoja Geológica 4369-27 Cerro Condor. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Boletín 328:1-69. Buenos Aires.
- [37] Gaffney, E. S. Rich, T. H., Vickers-Rich, P., Constantine, A., Vacca, R. y Kool, L. 2007. *Chubutemys*, a new eucryptodiran turtle from the Early Cretaceous of Argentina, and the relationships of Meiolaniidae. *American Museum Novitates* 3599:1-36. New York.
- [38] de la Fuente, M. Sterli, J y Puerta, 2007. Las tortugas de la Formación Cerro Barcino (Aptiano-Albiano), provincia de Chubut, Argentina. XXIII Jornadas argentinas de Paleontología Vertebrados (Trelew, 2007). *Ameghiniana* 44. Suppl. Buenos Aires.
- [39] Leanza, H. A. y Hugo, C. A. 1995. Revisión estratigráfica del Cretácico inferior continental en el ámbito sudoriental de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50: 30-32. Buenos Aires.
- [40] Lapparent de Broin, F. de, and M. S. de la Fuente. 2001. Oldest world Chelidae (Chelonii, Pleurodira), from the Cretaceous of Patagonia. *Comptes Rendues Académie des Sciences de Paris* 333:463.
- [41] Leanza, H. A., Apesteguía, S; Novas, F.E. y de la Fuente, M. S. 2004. Cretaceous terrestrial beds from Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapods assemblages. *Cretaceous Research* 25: 61-87. London.
- [42] Broin, F. de, 1987. The Late Cretaceous Fauna of Los Alamitos, Patagonia, Argentina. Part IV. Chelonia. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Paleontología* 3 : 131-139. Buenos Aires.
- [43] Gasparini, Z. y de la Fuente, M. 2000. Tortugas y plesiosaurios de la Formación La Colonia (Cretácico superior) de Patagonia, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 15 (1): 23-36. Oviedo.
- [44] Broin, F. de .1988. Les Tortues et le Gondwana. Examen des rapports entre le fractionnement du Gondwana et la dispersion géographique des Tortues pleurodires à partir du Crétacé. *Studia Geologica Salmanticensia, Studia Palaeocheloniologica* 2 (5): 103-142. Salamanca
- [45] De la Fuente, M. S., F. de Lapparent de Broin, and T. Manera de Bianco. 2001. The oldest and first nearly complete skeleton of a chelid, of the *Hydromedusa* sub-group (Chelidae, Pleurodira), from the Upper Cretaceous of Patagonia. *Bulletin de la Société Géologique de France* 172: 237-244. Paris
- [46] De la Fuente, M. S. 2003. Two new pleurodiran turtles from the Portezuelo Formation (Upper Cretaceous) of northern Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology* 77:559-575. Lawrence.
- [47] Bona, P. y de la Fuente, M. 2005. Phylogenetic and paleobiogeographic implications of *Yaminuechelys maior* (Staesche, 1929) new comb. A large long-necked chelid turtle from the Early Paleocene of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25 (3): 569-582. Hanover, Pennsylvania.
- [48] De la Fuente, M. S., Calvo, J y González Riga, B.J. 2007. A new Cretaceous chelid turtle from Northern Neuquén Basin, Neuquén Province, Argentina. *Ameghiniana* 44 (2): 485-492.
- [49] Romano, P.S.R. y Azevedo, S.A.K. 2006. Are extant podocnemidid turtles relict of a widespread cretaceous ancestor? *South American Journal of Herpetology* 1 (3): 175-184.

La Observación de la Atmósfera Neutra e Ionizada en la Latitud Media de “El Arenosillo”

Benito A. de la Morena

INTA/Estación de Sondeos Atmosféricos El Arenosillo Huelva-España

Marta Mosert

CASLEO, San Juan, Argentina

Introducción

Hace 13.000 millones de años según unos autores, 15.000 millones según otros, toda la materia y la energía estaban condensadas en una región casi puntiforme, de densidad y temperatura inicial extremadamente grandes. Durante los tres primeros minutos hubo un completo equilibrio termodinámico, pero cuando la pequeñísima esfera empezó a expandirse y a enfriarse con increíble rapidez y su temperatura descendió hasta unos 100.000 millones de grados centígrados y la densidad hasta 100.000 g/cm^3 , todos los hiperperones y mesones se desintegraron, se recombinaron las parejas de nucleones y antinucleones, todos los neutrinos y gravitones se desacoplaron de la materia propagándose libremente.

Cuando el Cosmos hubo crecido mil veces más, los “quarks” libres que se habían convertido en neutrones y protones se combinaron y formaron núcleos atómicos, y así se generó la mayor parte del helio y deuterio existente hoy en día. Todo esto ocurrió en el primer minuto de la expansión.

Después de los mil segundos, el 75 % de la materia estaba constituido por núcleos de hidrógeno (protones) y el 25 % por núcleos de átomos de helio (partículas alfa). Los átomos neutros aparecieron de forma abundante cuando la expansión prosiguió durante 300.000 años más y el tamaño del Universo vino a ser mil veces menor que el de ahora.

Se había iniciado la “evolución cósmica” de un Cosmos desarrollado a partir de una densa concentración de materia hasta llegar a la distribución actual cuyos límites no sólo no se conocen, si no que es tema de debate en la actualidad el determinar si es finito o infinito. Un Universo que continúa expandiéndose en cientos de miles de kilómetros en cada segundo y del que se sabe que lo pueblan cientos de miles de millones de cúmulos galácticos que podían contener cada uno más de un billón de estrellas, separadas cada una por distancias que podrían alcanzar entre los trescientos y mil millones de años luz, siendo un año luz la distancia que recorre la luz en un año, unos 10 billones de kilómetros. ¡Un evidente ejemplo de la Gloriosa inmensidad de la Creación!

Un sistema galáctico en continua evolución en el seno del cual se produce un ciclo ininterrumpido de vida y de muerte natural, algo sobradamente asumido en nuestro ciclo de vida vegetal y animal, pero con la diferencia de que allí, en el espacio intergaláctico los ciclos oscilan entre los cien millones y diez mil millones de años. Y ante la inconmensurable realidad de los diez mil años de actividad de nuestra “fuente de vida”, esa estrella enana llamada Sol, que ha contribuido durante cuatro mil millones de años a la existencia de nuestro planeta “azul”, siendo el aliento para la aparición de la vida biológica en el planeta, aparece el crudo contraste de una especie evolutiva, el “homo sapiens”, que en escasos últimos cincuenta años ha sido capaz de generar riesgos que pueden conllevar a su propia autodestrucción y la de incontables especies con las que cohabita.

Y es que en algo tan simple como debiera de ser la conservación de esa atmósfera que se precisa ineludiblemente para mantener la vida, no ha sido posible ni con la Cumbre de Río, ni el Protocolo de Kioto, o en la Cumbre de Johannesburgo, o la reciente de Montreal, para ponernos de acuerdo en comprender que la conservación de las condiciones de las formas de vida actuales en el Planeta Tierra, pasan por mantener las características de su atmósfera y preservarla de las agresiones sistematizadas a la que es sometida.

Afortunadamente la Ciencia en general y algunos científicos en particular, siguen en su idealizada labor de contribuir a mantener el bienestar del Planeta y la calidad de vida de los seres que lo habitan y dedican su tiempo a la observación y a la investigación. Se presenta seguidamente, la actividad científica que se desarrolla en El Arenosillo.

La Observación de la Atmósfera Neutra e Ionizada en Latitudes Medias

El INTA es un Organismo Público de Investigación incorporado al Ministerio de Defensa de España, y a través de su Estación de Sondeos Atmosféricos "El Arenosillo" (37.1 N - 6.7 W), que depende del Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica del Departamento de Observación de la Tierra, Teledetección y Atmósfera, viene desarrollando desde 1969, en el Centro de Experimentación El Arenosillo /CEDEA, en Huelva, una labor de observación de la atmósfera neutra e ionizada mediante sondeos sistemáticos realizados con cohetes, globos, ionosondas, digisondas, radiómetros, fotómetros, espectrofotómetros..., merced a acuerdos cooperativos con los Organismos nacionales e internacionales más significados en cada momento, NASA, CNES, Max Plank Institute, ESA, Univ. Lowell, Observatorio del Ebro, Consejería Medio Ambiente Junta de Andalucía, Universidades españolas diversas..., dentro de las líneas marcadas por los Planes de I+D+I nacionales, europeos y de la Defensa Nacional.

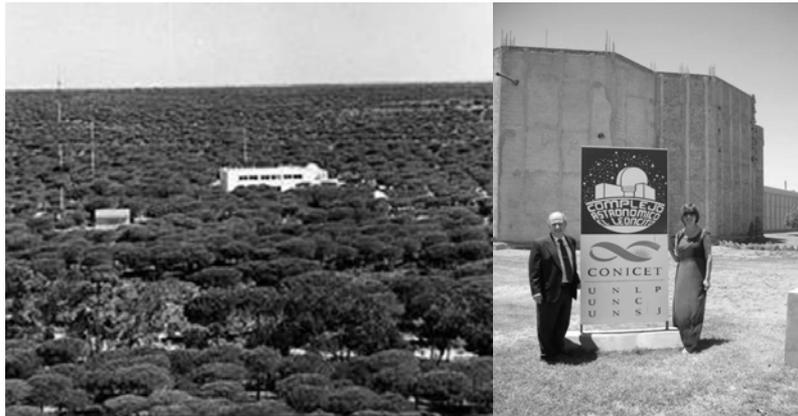


Figura 1. INTA-Estación Sondeos Atmosféricos El Arenosillo; el Instituto Astrofísico El Cáselo, y los autores del trabajo

En la actualidad, la Estación de Sondeos Atmosféricos El Arenosillo (ESAt), del INTA Figura 1, está considerada como:

- Observatorio EA 036 de la Red ionosférica europea y mundial.
- Estación 213 de la Red mundial (OMM), para vigilancia del contenido de ozono y radiación UV.
- Sede internacional de intercomparaciones y calibraciones para espectrofotómetros Dobson y Brewer. Ambos instrumentos son calibrados y mantenidos según recomendaciones de la OMM.
- Centro regional de observación atmosférica, análisis e interpretación de registros de ozono en superficie de la Red andaluza de la Consejería Medio Ambiente del Gobierno de Andalucía.
- Observatorio de la Red mundial Aeronet para la medida de aerosoles atmosféricos
- Centro Nacional de Calibración e intercomparación de fotómetros CIMEL.
- Grupo del Plan Andaluz de Investigación en aplicaciones biotecnológicas.
- Tiene representantes nacionales en el Comité Director de las Acciones de la UE, COST 296 (ionosfera) y COST 726 (Instrumentación Brewer).

Radiopropagación de Ondas por el Medio Ionosférico

Los sondeos ionosféricos se inician en 1969 con un acuerdo de colaboración entre el Max Planck Institut für Aeronomie de Lindau (Alemania) y la Comisión Nacional de Investigación del Espacio (CONIE), para desarrollar en el Campo de Lanzamiento de cohetes meteorológicos El Arenosillo del INTA en Huelva, un programa de investigación orientado al estudio de las regiones ionosféricas E, F1 y F2 con sondeadores de incidencia vertical (SIV) y medidores de absorción Método A3 para el estudio de la región ionosférica D. En 1993 se sustituye el sondeador SIV por un sistema digital Digisonda 256 (DGS 256) diseñado por la Universidad de Lowell, en el Centro para la Búsqueda Atmosférica, ULCAR.

En este momento, *la ESAt está integrada plenamente en la Red Ionosférica Mundial con las siglas EA036 y en la Red Europea de Ionosfera*. En la actualidad, este sondeador junto con el situado en el Observatorio del Ebro en Tarragona constituyen los dos únicos equipos de incidencia vertical disponibles en la Península Ibérica.

Líneas de Estudio

Se desarrollan preferentemente a través de trabajos de investigación y tesis doctorales vinculadas a proyectos de investigación del Plan Nacional y/o con Universidades e Instituciones colaboradoras, destacándose:

- Caracterización del canal de propagación ionosférica en alta frecuencia por medio de técnicas de trazado de rayo en modelo empírico de la ionosfera. (Tesis Doctoral)
- Cambios a largo plazo en la ionosfera y su relación con la actividad geomagnética. (Tesis Doctoral)
- Medida y procesamiento de parámetros atmosféricos para el modelado y predicción en la alta ionosfera. (Tesis Doctoral)
- Modelado y estabilidad de sistemas no lineales basado en lógica borrosa. Aplicación al uso de la ionosfera como canal de comunicaciones.
- Correcciones del modelo STORM a las predicciones del IRI, para situaciones de tormentas geomagnéticas en latitudes medias en la UE., en cooperación con el Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic.
- Proyecto financiado por la Acción COST 296 de la U.E. "Mitigation of ionospheric effects on radio systems" (MIERS).
- Proyecto internacional DIAS (European Digital Upper Atmosphere Server). Coordinado por el National Observatory of Athens, Greece, y el National Institute of Geophysics and Volcanology, Italy. Se pretende crear una plataforma para ofrecer un servicio de información del comportamiento de la ionosfera que permita contribuir a garantizar las comunicaciones satelitales en Europa. (El proyecto se ha presentado al séptimo Programa Marco de la UE, FP7)
- Proyecto MIRTO: Mediterranean Ionospheric Regional Tomography, promovido por el Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia, con la instalación de un receptor GPS en El Arenosillo y la difusión de datos de GPS y de sondeos ionosféricos al servidor MIRTO.
- Proyecto aprobado (diciembre 2007) por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) Influencia de la anomalía ecuatorial en las comunicaciones satelitales. Colaboración Hispano-Argentina en temática ionosférica (Casleo, Univ. La Plata, Univ. San Juan, UCM, UPC, Ob. Ebro e INTA).

Instrumentación y Bases de Datos

Absorción de ondas de radio en la baja ionosfera-Método A3

Este sistema de sondeos registra las variaciones de las ondas electromagnéticas que atraviesan la capa ionosférica D. Las principales características del enlace son las siguientes:

El transmisor está localizado en el INTA-Torrejón de Ardoz (Madrid-España) y el receptor en el INTA-El Arenosillo (Huelva-España) (37.1 N; 6.7 W), y la distancia que los separa ronda los 466Km. Frecuencia de transmisión 2.83 MHz. Punto de reflexión es 38.8 N, 5.2 W.

Base de Datos: desde 1975.

Digisonda 256

Sistema digital de sondeos ionosféricos en la banda de alta frecuencia (2-30 MHz) diseñado por el Center for Atmospheric Research of the University of Massachusetts – Lowell (USA). El sistema mide y analiza por el método Artist 4 el comportamiento de la alta ionosfera, especialmente las capas E y F. Registra automáticamente la información de cada sondeo vertical en forma de ionogramas digitales, parámetros ionosféricos (foF2, h'F2...foF, h'F...foE, h'E...MUF, M (3000)...) y perfiles de densidad electrónica. Puede realizar sondeos tanto verticales como oblicuos.

Base de Datos: desde 1974 (revisada manualmente)

El Ozono y la Radiación Ultravioleta

Esa capa, denominada ozonósfera, tan delgada que si fuera posible comprimirla no ocuparía más de 3 milímetros de espesor, y que es la más eficaz pantalla protectora contra los rayos ultravioleta (UV) solares para preservar nuestro medio ambiente y garantizar las condiciones de vida actuales de la biosfera y de los seres que en ella habitan. En las últimas décadas han surgido voces de alarma denunciando la influencia de las actividades humanas en el delicado equilibrio de la capa de ozono. En primer lugar fueron los aviones que vuelan a grandes alturas, pero el fenómeno que ha conmovido a la opinión pública es el agujero de ozono que cada primavera austral se detecta en la Antártida. La alarma disparada en 1958, cuando la comunidad científica alerta del deterioro de la capa de ozono en la región Antártica detectada por diversas estaciones, fue el evento que despertó el interés a nivel mundial por la necesidad de investigar la evolución de la capa de ozono y sus efectos sobre los niveles de radiación UV que alcanzan la superficie a nivel mundial. El estudio de este inquietante fenómeno ha propiciado grandes avances en los conocimientos acerca del ozono y hoy día las medidas evidencian cierta disminución de las concentraciones en otras latitudes.

La contribución del ozono a la composición del aire no supone, incluso a la altura en que su concentración es máxima, más que un 0.01%. Tan pequeña proporción no hubiera nunca sido objeto de una especialidad si no fuera por su determinante importancia en el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. En continua creación y destrucción por efecto de la radiación ultravioleta solar, este gas se distribuye, constituyendo una capa alrededor de nuestro planeta y ha alcanzado su triste celebridad por la amenaza de destrucción, al menos parcial, a que se encuentra sometido, como resultado de la creciente contaminación antropogénica de la atmósfera. Las consecuencias de un deterioro en la capa de ozono se derivan todas del importantísimo papel de este gas como pantalla que nos protege de la radiación UV. Por debajo de los 240 nm estamos protegidos por el oxígeno molecular, pero para longitudes de onda mayores es el ozono el responsable de la absorción de la radiación ultravioleta. Esta absorción de radiación UV nociva para la vida sobre el planeta, es la responsable de la estratificación térmica que caracteriza a la estratosfera, regula la temperatura de las capas bajas de la estratosfera, produciendo la inversión que impide los intercambios de masas de aire troposfera – estratosfera y que raramente las nubes superen la tropopausa. Así, la mayor parte de la masa de la atmósfera y la práctica totalidad del vapor de agua, por lo tanto el "tiempo" en nuestro planeta, están confinados en la troposfera y es difícil predecir las consecuencias que produciría un cambio en esta situación. Por otra parte, la disminución del ozono provocaría una variación de la energía que alcanza la tierra alterando el balance radiativo. Por lo tanto, puede conducir a cambios climáticos. En la Figura 2, se muestra la evolución del contenido total de ozono atmosférico observado desde enero de 1980 a diciembre de 2007, medidas por técnica Brewer y Dobson, en El Arenosillo, destacándose el ciclo habitual de máximo primaveral y mínimo en otoño, así como una tendencia descendente de un 12% aproximadamente (periodo 1980-86) que fue recuperándose paulatinamente hasta la actualidad.

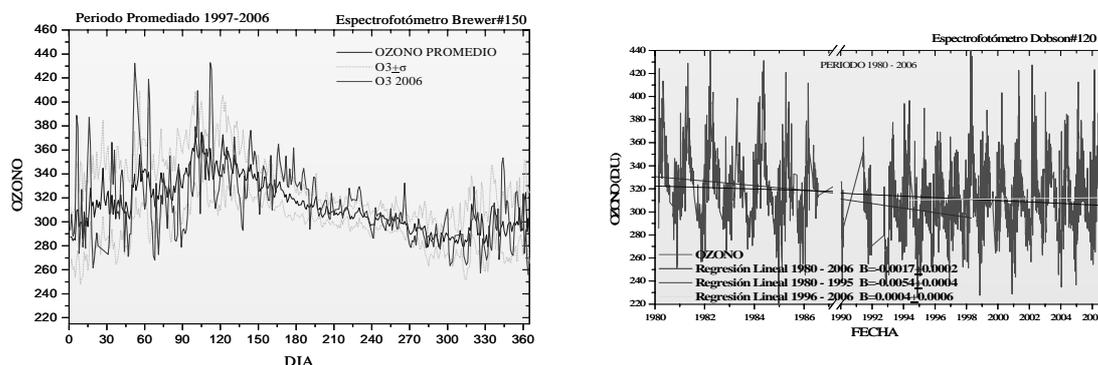


Figura 2. En el eje X aparecen representados los días del año desde el uno al 365, en el eje Y el contenido total de ozono en El Arenosillo

A pesar de todo esto, los mayores daños asociados al deterioro de la capa de ozono no corresponden a los aspectos climáticos sino a los biológicos. Un efecto enormemente peligroso de la radiación UV es su incidencia sobre las quemaduras solares, cáncer de piel y problemas

oculares. Se ha comprobado asimismo el efecto letal de esta radiación en organismos unicelulares capaces de sintetizar aminoácidos a partir de elementos naturales. Su desaparición se vería seguida por la de diversos seres superiores que no podrían elaborar proteínas sin aminoácidos. Asimismo la mayor parte de los vegetales, y en particular los cereales, sufren un retardo en su crecimiento si se ven sometidos a dosis elevadas de radiación UV. Por último, el ADN es sensible a la radiación UV, por lo que su incremento puede producir mutaciones. Resulta difícil evaluar los daños que tendrían lugar y la respuesta de la biosfera ante una modificación tan repentina de la atmósfera, especialmente a medio y largo plazo, pero existen suficientes evidencias de que se producirían alteraciones irreversibles en el equilibrio de los ecosistemas terrestres.

Con el fin de poder transmitir a la población información sobre los efectos y nivel de radiación ultravioleta a que se ve expuesta la población que desarrolla algún tipo de actividad al aire libre, se define un índice ultravioleta (UVI) fácil de difundir y de entender por la población. El UVI es pues, una medida de los niveles de radiación UV relativo a sus efectos sobre la piel humana. Se define como la irradiancia efectiva obtenida al integrar la irradiancia espectral pesada por el espectro de acción de referencia CIE (Commission International d'Eclairage, 1987) hasta 400 nm y normalizado a 1 en 297 nm.

Inicialmente, este UVI se formuló independientemente para varios países, pero finalmente se ha estandarizado su definición y se ha publicado como una recomendación conjunta de la Organización Mundial de la Salud (WHO), la Organización Meteorológica Mundial (WMO), el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Comisión Internacional de Radiación No-ionizante ICNIRP. El UVI pretende ser un parámetro útil a la población a la hora de planear sus actividades al aire libre de forma responsable atendiendo a la sensibilidad particular de cada individuo a la radiación ultravioleta determinada por el tipo de piel.

En este momento, *La Organización Meteorológica Mundial (OMM) tiene codificado a El Arenosillo, como Observatorio de la Red Mundial establecida para el seguimiento de la evolución del contenido total de ozono atmosférico y radiación UVB con el nº 213.*

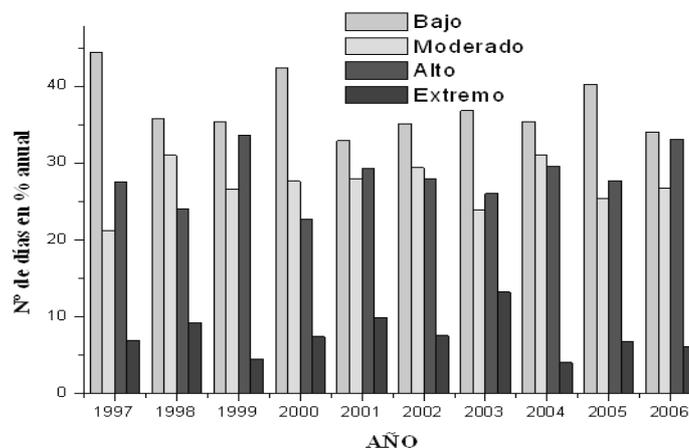


Figura 3. Índice de radiación solar ultravioleta en El Arenosillo. Estos datos se distribuyen diariamente a la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Andaluz para informar a la población. Se está trabajando actualmente en un modelo de predicción de UVB a nivel de Andalucía

Líneas de Estudio

Se desarrollan preferentemente a través de trabajos de investigación y tesis doctorales vinculadas a proyectos de investigación del Plan Nacional y/o con Universidades e Instituciones colaboradoras, destacándose:

- Medidas y modelización de la radiación solar espectral en el rango UV. B. (Tesis Doctoral)
- Intercomparación y calibración de radiómetros. Modelos de predicción de ozono y ultravioleta para la determinación y predicción de la radiación ultravioleta solar en España: influencia de la columna de ozono, partículas aerosoles y nubosidad.
- Monitorización continuada de la radiación solar en el rango UV B en Andalucía.
- Puesta a punto del Laboratorio de calibración radiométrica.

Instrumentación y Bases de Datos

Ozono Total (Dobson)

Las observaciones de ozono total con un Espectrofotómetro Dobson se inician en 1976, validando el WODC (World ozone Data Center) la información a partir de 1980. En la actualidad es el único sistema de medida Dobson disponible en España.

Base de datos: Continua desde 1980.

Radiación Ultravioleta (Brewer)

En el año 1996 y merced a un acuerdo de colaboración con la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Andaluz, fue cedido al INTA y depositado en la ESAAt para su operación, el primer y único espectrofotómetro Brewer de doble monocromador disponible en Andalucía para la medida del contenido total de ozono en la atmósfera y la irradiancia global espectral ultravioleta con un paso de 0.5nm y un FWHM de 0.6nm.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, ha considerado a El Arenosillo como Centro Regional de Observación Atmosférica.

Base de datos: Continua desde 1997

Sede de intercomparación y Calibración.

Debido a su condiciones climáticas e infraestructura disponible, la ESAAt ha sido considerada como *sede nacional e internacional de intercomparación de sistemas ópticos de medida de ozono y radiación ultravioleta*.

Dispone de un *Laboratorio de calibración radiométrica* para instrumentos de medida de radiación solar. En él, los instrumentos se someten a un protocolo de calibraciones y control de calidad de datos que garantiza que los datos de ozono e irradiancia espectral UV cumplen con los criterios de calidad suficientes para su difusión a los centros mundiales de datos y centros de investigación. Es parte fundamental del plan de mantenimiento y calibraciones del instrumento la calibración en irradiancia frente a una lámpara con certificación acreditada al menos una vez al año.



Figura 4. Intercomparación y calibración de instrumentos Brewer y Dobson de la Red Mundial. (El Arenosillo, Campaña de verano 2007)

Aerosoles

En la Estación de Sondeos Atmosféricos de El Arenosillo se está llevando a cabo desde 1996 una caracterización del aerosol atmosférico en columna, en colaboración con el Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid (GOA-UVA). Inicialmente sus estudios estuvieron únicamente centrados en el análisis de las propiedades en columna del aerosol, como son el espesor óptico y del parámetro de turbiedad de Ångstrom, a partir de medidas espectrorradiométricas de la irradiancia solar. Durante el periodo 1996-1999, se realizaron medidas de este tipo utilizando un espectrorradiómetro Licor 1800 y se llevó a cabo una primera caracterización climatológica de los dos parámetros mencionados. Este estudio fue continuado por los datos en irradiancia y radiancia solar proporcionados por un fotómetro Cimel de la Red AERONET.

Dado que el objetivo principal de los estudios sobre aerosoles en El Arenosillo es la caracterización y establecimiento de la climatología presente en dicho lugar, y dada la insuficiencia de la caracterización vertical en lo que se refiere al aerosol de origen local, se vio necesario cuantificar con más detalle el tipo de aerosol cuyo origen corresponde a las fuentes existentes en la propia zona de estudio, y que obviamente está enmascarado en la caracterización vertical que se está realizando. Se precisaba complementar el estudio de los aerosoles atmosféricos ampliando la caracterización de los mismos mediante medidas *in situ*.

Esta ampliación pudo ser realizada en enero de 2003, mediante la financiación propia del INTA y la aprobación por el Ministerio de Educación y Ciencia del proyecto CLIMASOL (*Climatología y discriminación de los aerosoles mediante la caracterización de sus propiedades ópticas y el estudio de masas de aire en dos áreas representativas: marítima y continental*).

Durante el verano de 2004, desde julio hasta octubre, se realizó una campaña de medidas intensivas con la finalidad de mejorar esta caracterización tanto de las propiedades columnares como *in situ*. En ella estuvo operativa tanto instrumentación para la caracterización del aerosol en columna, fotómetro Cimel y espectrofotómetro Brewer, como para el aerosol *in situ*, espectrómetros de partículas sub- y super-micrométricas, un impactor de cascada y dos impactores de alto caudal PM₁₀ y PM_{2.5}. Por primera vez se hacen medidas del coeficiente másico de absorción en esta zona de estudio.

En la actualidad se está ultimando la instalación de un Laboratorio para la caracterización completa del aerosol atmosférico.

En este momento, la ESA_t se encuentra integrada en la Red AERONET (*Aerosol Robotic Network*) gestionada por GSFC (*Goddard Space Flight Center*) de la NASA.

Líneas de Estudio

- Estudio de parámetros de scattering de aerosoles mediante el diseño específico de instrumentación. (Tesis Doctoral)
- Análisis de las propiedades microfísica y radiativas de los aerosoles mediante medidas de radiancia y métodos de inversión dentro del contexto de la Red Aeronet. (Tesis Doctoral)
- Mejora y continuidad en la monitorización, y análisis de la evolución y de la tendencia de diversas propiedades micro-físicas, y ópticas (dispersivas-absorbentes) del aerosol atmosférico *in situ* en la zona de El Arenosillo.
- Establecimiento de la climatología del aerosol en columna por la mejora y continuidad en la monitorización, y análisis de la evolución y la tendencia de diversas de sus propiedades micro-físicas y ópticas en la zona de El Arenosillo.
- Diseño y puesta en operatividad de una nueva instalación para el laboratorio de aerosoles *in situ*, que permitirá una considerable mejora en la monitorización. Participación anual en las calibraciones del WCC-WMO para parámetros físicos del aerosol situado en Leipzig (Alemania).
- Comparativa e interpretación de los resultados mediante medidas *in situ* y en columna. Evaluación de la incidencia de las intrusiones saharianas y de recirculaciones de transporte mesoescalar sobre las propiedades de los aerosoles.
- Consolidación de El Arenosillo como centro de calibración de los fotómetros Cimel por medio de la implantación de la instrumentación, técnicas y protocolos.
- Utilización de una plataforma aérea propiedad del INTA, para la caracterización vertical del aerosol en situaciones de aporte de aerosol desértico y de recirculaciones de transporte mesoescalar. Sus resultados tendrán aplicación directa en la comparativa e interpretación de los resultados mediante medidas *in situ* y en columna, así como en la validación de modelos de transporte de material particulado.



Figura 5. Intercomparación y calibración de instrumentos Cimel de la Red AERONET. (Campaña de verano, El Arenosillo 2006)

Instrumentación y Bases de Datos

Fotómetro Cimel

Este instrumento permite la medida automática de aerosoles y está dotado de un panel solar y baterías recargables que le confieren una autonomía completa. Está compuesto de un robot de dos ejes, que permiten los movimientos cenitales y azimutales. Tiene dos limitadores de campo (colimadores) con un campo angular (FOV, field of view) de 1.2° , uno para la medida de la luz directa del sol y otro para la radiancia del cielo. El programa de medidas consiste en observaciones cada 15 minutos, para el espesor óptico de aerosoles (AOD) y una secuencia variable de medidas del almucántar y en plano principal del sol, que, junto con las anteriores de AOD, permiten determinar la función de distribución de tamaños de los aerosoles, y el índice de refracción, parámetro de asimetría y parámetro de scattering simple a esas 4 longitudes de onda. Desde 1999 se está generando una base de datos sobre las propiedades ópticas de los aerosoles utilizando un fotómetro Cimel polarizado, para el estudio de las distribuciones de tamaños de aerosoles atmosféricos con un tamaño desde 0.01 μm hasta 1 μm .

Ozono Troposférico

En la contaminación ambiental de la era industrializada, uno de los factores más determinantes que contribuyen a aumentar el riesgo de salud ambiental es el ozono superficial, y en el sudoeste de la Península Ibérica, en Huelva, a pesar de presentar niveles de radiación solar elevados, un gran número de horas de Sol al año, núcleos urbanos y complejos industriales de importancia, condiciones todas ellas favorables para la formación de ozono, no se había nunca investigado sobre el ozono superficial.

Con todos estos indicios y algunos datos preliminares, se podía intuir que en esta zona las concentraciones de ozono debían ser considerables, debido a la formación fotoquímica del mismo. Por ello, a finales del año 1999 el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) a través de la Estación de Sondeos Atmosféricos (ESAt) de El Arenosillo, decidió comenzar un estudio sobre los niveles y comportamiento de este gas en la zona de Huelva, contando con el apoyo del Grupo de Física de Radiaciones y Medio Ambiente (FRYMA) de la Universidad de Huelva (UHU) y el Departamento de Física de la Tierra y Meteorología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), quien cedió sus instrumentos Dasibi 1008 para iniciar la creación de la Red Local de observación del ozono en Huelva.

Este ozono superficial no es emitido directamente a la atmósfera, sino que se forma en la baja troposfera a partir de unas sustancias primarias, conocidas como precursores, siendo por tanto el ozono una sustancia secundaria. Para que se forme ozono se deben tener tres elementos: precursores, radiación solar que active las reacciones necesarias para que se forme y unas condiciones meteorológicas favorables.

Los precursores del ozono pueden tener un origen natural o antropogénico. Si las fuentes son biogénicas se tendrá ozono natural o también conocido como ozono de fondo. Cuando las emisiones de precursores no sólo se deben a fuentes naturales, las concentraciones de ozono se incrementan, pudiendo llegar a alcanzarse niveles perjudiciales. En este caso se tiene un

tipo de contaminación conocida como fotoquímica, en la que es necesaria la intervención de la radiación solar.

Dentro de la contaminación fotoquímica se engloba a un numeroso grupo de sustancias, sin embargo, cuando se habla de contaminación fotoquímica siempre se asocia al ozono, puesto que ésta es la sustancia mayoritaria en este tipo de contaminación. En grandes zonas urbanas, en lugares con polígonos industriales, en regiones con altos índices de radiación solar y elevadas temperaturas, en zonas costeras con regímenes de viento de tipo recirculatorios, son los lugares que pueden registrar concentraciones de ozono superficial elevadas, siendo en muchos de éstos donde más se ha avanzado en el estudio del ozono por los problemas que genera. Así, por ejemplo, en el sudoeste asiático son numerosos los problemas que se tienen con el ozono, en la costa oeste de los Estados Unidos, mayoritariamente en la zona de los Ángeles; en Europa, en la zona Mediterránea, donde los niveles de radiación solar son altos, por citar algunos.

En el año 2000 se inició el diseño y puesta en marcha de una Red Provincial para la monitorización continuada del ozono superficial. Este estudio que ha realizado en colaboración con el departamento de Física Aplicada de la F.C. Experimentales de la Universidad de Huelva y contó con el respaldo institucional de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Fruto de estos estudios, esta red local se ha integrado en la Red de Ozono Superficial que la CMAJA dispone en Andalucía en la actualidad, y se ha encargado a la ESAt del INTA las labores de interpretación y análisis de los datos de las 50 estaciones que la Red andaluza dispone. En este momento, la ESAt se encuentra considerada con Agente Tecnológico de la Junta de Andalucía.

Líneas de Estudio

- Caracterización del ozono troposférico en la provincia de Huelva. Relación con parámetros meteorológicos y otros contaminantes. (Tesis doctoral)
- Comportamiento de los óxidos de nitrógeno (NO+NO₂) en el sudoeste de España. (Tesis doctoral)
- Evaluación e influencia en los procesos fotoquímicos de los compuestos orgánicos volátiles en zonas industriales, urbanas y rurales de Andalucía occidental. (Tesis doctoral)
- Intercambio de información e integración de datos en la red de Ozono Troposférico en la Comunidad Autónoma de Andalucía: Se pretende caracterizar y conocer el comportamiento que presenta el ozono superficial en Andalucía, para ello se necesita analizar las concentraciones de ozono en diferentes puntos de la Comunidad y relacionarlos con las condiciones meteorológicas, así como con otros contaminantes.

Aplicaciones Biotecnológicas

Esta actividad se desarrolla desde el año 2000 en colaboración con el Grupo de Ecología de la Universidad de Huelva, y pretende buscar una aplicación social y directa a la problemática local de la zona en la que se ubica el INTA en Huelva.

Líneas de Estudio

- Bioproducción de carotenoides de interés comercial con la microalga *Dunaliella bardawill*: Impacto de la radiación UV sobre microorganismos. Estudio de las condiciones climáticas óptimas en Huelva para la producción biotecnológica de compuestos con potencial anticancerígeno. Evaluación de la respuesta de microorganismos a dosis de radiación ultravioleta en laboratorio y al aire libre. (Tesis Doctoral)
- La radiación ultravioleta en la provincia de Huelva: Caracterización e influencia en la productividad y el valor biotecnológico de cultivos de fresa y de microalgas. (Tesis Doctoral)
- Influencia de la radiación UV en la producción de fresa y caracterización de plásticos agrícolas para la optimización del cultivo y producción de la fresa en la provincia de Huelva. (Tesis Doctoral).

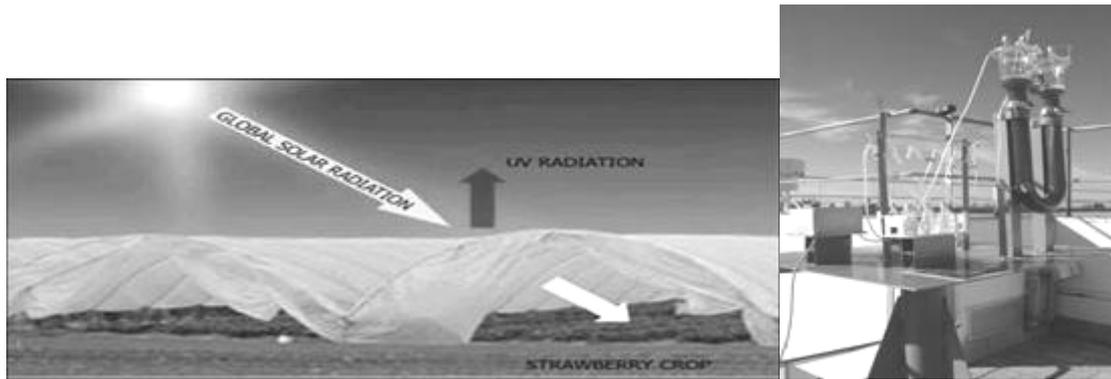


Figura 6. Incidencia de radiación UV sobre el plástico agrícola y las microalgas

A modo de Reflexión

Nuevos retos para y por la conservación medioambiental parecen estar engendrándose en los objetivos políticos de la mayoría de los países de la Unión Europea. Sea por el beneficio económico que la conservación depara, sea por la búsqueda del respaldo electoral de unos ciudadanos cada vez más concienciados, da igual, lo importante es que debemos confiar en que el ser humano, en ese corto periodo de tiempo comprendido entre su pubertad y su senectud, tan sólo unos escasos 40 años, de los 75 años de su vida media, no ponga en un riesgo real a este Planeta Tierra que, por sí solo tendrá que desaparecer en varias decenas de millones de años abrasado por un Sol que también se acercará a su final, dentro de diez mil millones de años, inmerso en el natural ciclo de vida y muerte que regula el Orden Cósmico Universal.

Pero la realidad es que nuestro sistema galáctico mantiene su continua evolución en el seno del cual se produce un ciclo ininterrumpido de vida y de muerte, algo sobradamente asumido en nuestro ciclo de vida vegetal y animal, pero con la diferencia de que allí, en el espacio intergaláctico los ciclos oscilan entre los cien millones y diez mil millones de años.

Comparación sublime que nos debe hacer reflexionar sobre el sentido que damos a nuestra existencia, en un momento en el que el “Mundo humano” está inmerso en una espiral de odio y deseo de sumisión, con líderes “visionarios” y “salvadores” que pugnan por defender los derechos de una sociedad que se está construyendo con los cimientos de una ambición económica y de poder, basada en el credo de un consumismo mediatizado que impuesto subliminalmente ha ido sustituyendo a los “valores” naturales del respeto a la libertad propia y ajena, de la moral que se apoya en el simple cariño dimanado del amor, de la riqueza de espíritu que debe caber en el corazón y la mente de agnósticos y creyentes, e incluso hasta casi llegar a conseguir la abstracción del significado más sencillo de la palabra Humanidad que debería enaltecer el concepto de “ser humano” en vez de vilipendiarlo. Un comportamiento irracional, desmesurado y sin sentido, sin aparente explicación pero a la que tal vez supo aproximarse Johannes Kepler cuando en su obra La armonía cósmica, escribió:

“Aquella facultad de captar y reconocer las nobles proporciones de las cosas sensibles y las que se nos escapan más allá de las cosas sabidas, hay que atribuir las a los dominios del alma”.

Un “alma” que, al igual que el sentido del “espíritu”, es generalmente rechazada por las generaciones actuales imbuidas al culto casi exclusivo por lo “material” y el oprobio del placer.

A modo de reflexión atendamos a las palabras del Prof. Antonio Lamela, ilustre Humanista que en su libro Cosmoísmo y Geoísmo, 1976 nos dice:

“Cuidemos los espacios en los que el hombre se desenvuelve. Cuidemos los espacios de un Mundo que se ha quedado empequeñecido para un hombre que tiene ambiciones de galaxia”.

Evolución de los Sparassodonta (Mammalia, Metatheria) en América del Sur

Analía M. Forasiepi

Departamento de Paleontología.
Museo de Historia Natural de San Rafael. Unidad Asociada CRICyT-CONICET.
Parque Mariano Moreno
(5600) San Rafael. Provincia de Mendoza. Argentina

*“... si tuviéramos un gran poder de hacer revivir, por unos instantes, esas numerosas faunas que campearon por nuestro territorio durante la era Terciaria, habríamos tenido la satisfacción de contemplar un espectáculo tan grandioso como imposible de describir; pues no sólo hubo criaturas pequeñas, medianas y gigantes sino también representantes de formas sumamente extrañas o bizarras que el hombre no habría podido alcanzar a imaginar”
(Carlos Rusconi, 1967)*

Introducción

La evolución de la biota y la historia paleogeográfica de América del Sur ha sido, desde los momentos tempranos de la “Conquista”, un atractivo para viajeros y científicos de todo el mundo. A diferencia de otras partes del globo, durante la mayor parte del Terciario (lapso temporal que abarca desde los 65 hasta los 1.8 millones de años atrás), los ecosistemas terrestres sudamericanos estuvieron dominados por dos grandes grupos de mamíferos: metaterios y euterios. Los metaterios, grupo en el que nos focalizaremos, ocuparon básicamente el nicho ecológico de pequeños herbívoros y medianos a grandes carnívoros (Metatheria incluye a los marsupiales y a todos los taxones que están más cercanamente relacionados a los marsupiales que a los Eutheria; Marsupialia incluye al ancestro común más cercano de las especies vivientes de marsupiales y a todos sus descendientes, siguiendo a Rougier et al. [1]). Entre los metaterios, son los esparasodontes (Mammalia, Metatheria, Sparassodonta) los que se especializaron a una dieta carnívora, variando desde tipos omnívoros, carroñeros, rompedores de huesos, hasta los extraordinarios y extremadamente especializados “dientes de sable” [2, 3, 4, 5]. Los esparasodontes incluyen más de 50 especies (Tabla 1) de morfotipos y tamaños diversos, desde formas pequeñas similares a una zarigüeya, hasta formas de gran tamaño, similares a un zorro, puma u oso. Los esparasodontes son registrados exclusivamente en América del Sur durante casi 55 millones de años, desde el Paleoceno hasta el Plioceno (Tiupampense-Peligrense al Chapadmalalense) [5, 6, 7]. A pesar de esta relativamente amplia distribución geográfica (fueron descubiertos en Colombia, Brasil, Bolivia, Chile, Uruguay y Argentina; Figura 1) y estratigráfica, sus restos son más frecuentemente hallados en sedimentitas aflorantes en nuestro territorio. Casi el 80% del total de las especies reconocidas fueron recuperadas en yacimientos de la Argentina, mientras que sólo el 20% restante de las especies fueron halladas en otros países de América del Sur, excluida la Argentina (Figura 1). Entre los yacimientos más ricos se encuentran aquellos de la Patagonia, en especial, las sedimentitas Miocenas de la Formación Santa Cruz, aflorantes en las inmediaciones de la costa de la Bahía Grande (provincia de Santa Cruz) y prospectados durante décadas tanto por científicos de nuestro país (Ej. Carlos Ameghino, Moreno, Moyano) como de otras partes del mundo (Ej. Hatcher, Riggs, Tournouër). En otras regiones de nuestro territorio (como la provincia de Mendoza), los trabajos de prospección paleontológica en terrenos Terciarios han sido escasos. Este hecho se traduce en una insuficiente documentación de su contenido fósil, incluyendo los restos de mamíferos metaterios. Futuros trabajos de campo, focalizados en las regiones extrapatagónicas, podrán eventualmente brindar nuevos datos para una mejor interpretación de la diversidad e historia evolutiva tanto de los Sparassodonta como de otros grupos de vertebrados.



Figura 1. Mapa de América del Sur señalando las principales localidades donde fueron encontrados restos fósiles de Sparassodonta (puntos negros). A la derecha, diagrama porcentual del número de especies y su distribución geográfica. Como se evidencia en el gráfico, la mayor cantidad de especies son conocidas a partir de hallazgos efectuados en Argentina

Sistemática

Clásicamente se han reconocido seis familias y dos subfamilias en el Orden Sparassodonta: Mayulestidae, Hathliacynidae, Hondadelphidae, Proborhyaenidae, Borhyaenidae, incluyendo Borhyaeninae y Prothylacyninae, y Thylacosmilidae [Ej. 2, 3, 4, 5]. Sin embargo revisiones sistemáticas recientes [7], que no dejan de ser preliminares, han sido propuestas. Con el objetivo de estudiar las afinidades de los Sparassodonta entre otros metaterios, se ha realizado un análisis filogenético incluyendo diversos linajes de metaterios tanto del hemisferio norte como del hemisferio sur [7]. Como conclusión de ese trabajo, los Sparassodonta representan el grupo hermano del clado Marsupialia (*crown-group*), que incluye a las formas vivientes, y otras formas fósiles cercanamente relacionadas (i.e., Herpetotheriidae), pero no son parte de los Didelphimorphia, como fuera antes sugerido (Figura 2) [véase 8, 9]. Asimismo, se concluye que los Sparassodonta son un grupo monofilético que incluye a los Hathliacynidae, Borhyaenoidea y todos aquellos taxones más cercanamente relacionados a ellos que a los Marsupialia (definición *stem-based*). Entre los Sparassodonta, se incluyen además varios taxones basales (i.e., *Nemolestes*, *Patene*, *Stylacynus*; Tabla 1) que representan los grupos hermanos sucesivos de hatliacínidos más borhyaenoideos. Tradicionalmente estos taxones fueron incluidos en alguno de estos dos grupos mayores [Ej. 2, 3, 4, 5]; sin embargo, por la posición que ocupan en el cladograma (Figura 2), son aquí tratados como esparasodontes *basal-stem* [7]. Otros taxones, como *Allqokirus*, *Argyrolestes* y *Procladosictis*, poseen una morfología muy particular [véase 2, 4, 10]; en el caso de *Allqokirus*, este incluso podría no pertenecer al grupo de los Sparassodonta. Por ello, y hasta que no sean aportados nuevos datos, estos taxones son tentativamente incluidos entre los Sparassodonta. La especie *Hondadelphys fieldsi* del Mioceno de Colombia fue originalmente incluida en una familia propia: Hondadelphidae [5]. El reconocimiento de esta familia por monotipia es redundante, sin embargo este taxón es mantenido en la lista taxonómica con el fin de minimizar el número de cambios en la taxonomía

tradicional [7]. Finalmente, la especie *Mayulestes ferox* del Paleoceno de Bolivia fue considerada por Muizon y colegas [8, 9, 10] como el Sparassodonta más basal. De acuerdo con los resultados aquí obtenidos, dicha especie, es excluida de los esparasodontes dado que ocupa una posición basal respecto al clado de los Sparassodonta más Marsupialia y formas fósiles cercanas (Figura 2) [7].

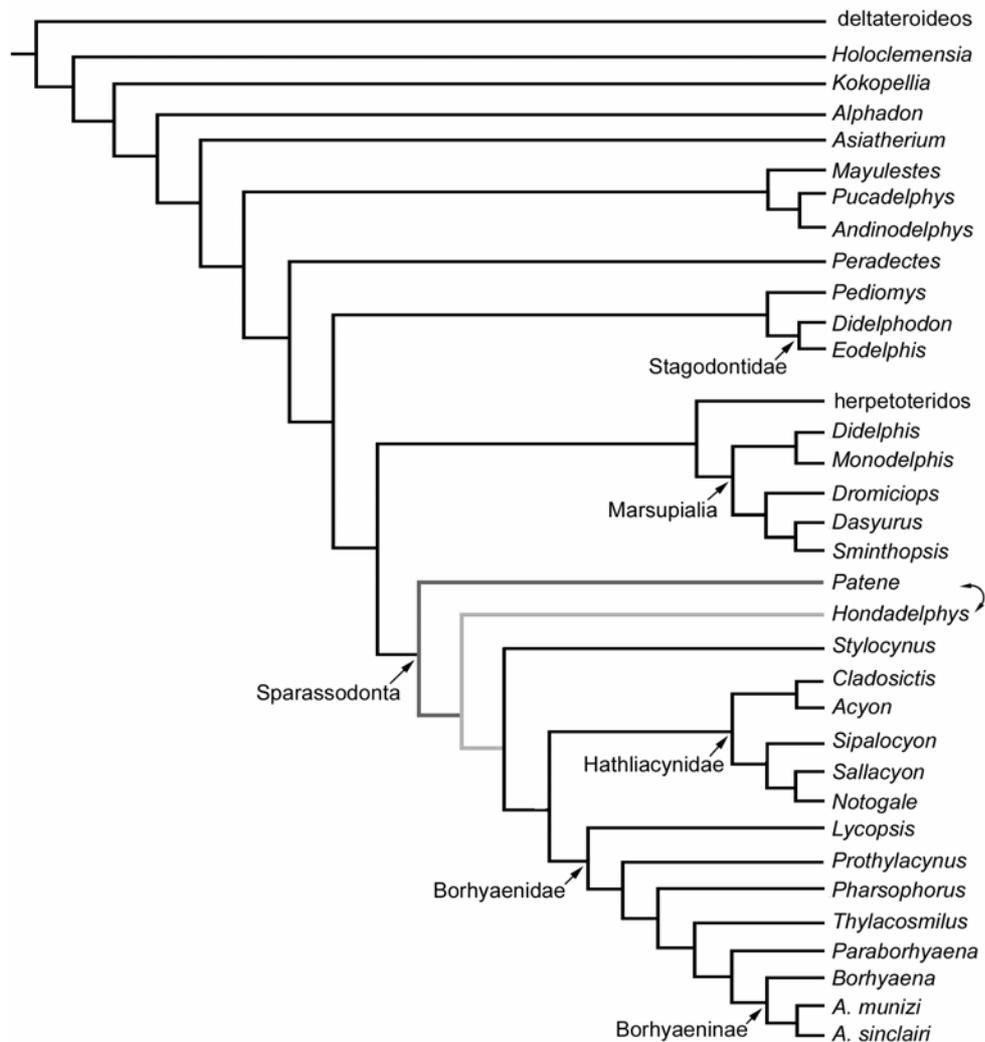


Figura 2. Árbol filogenético (cladograma) mostrando las relaciones de parentesco de los Sparassodonta con otros metaterios (tomado de [7])

Los hatliacínidos son un grupo relativamente homogéneo de metaterios esparasodontes cuyos taxones conservan numerosos rasgos plesiomórficos, típicos de esparasodontes basales. Incluyen cerca de 20 especies (Tabla 1), son generalmente de pequeño a mediano tamaño, con cráneos alargados y gráciles. La anatomía dentaria y craneana de las especies incluidas es relativamente homogénea; poseen el hueso lacrimal relativamente angosto (no se extiende más allá de la órbita), el aliesfenoides posee un proceso timpánico que contribuye a la formación de la bulla auditiva, el proceso medial del escamoso se proyecta en la cavidad timpánica, el escamoso está generalmente pneumatizado, el foramen para el pasaje del tubo de Eustaquio forma una muesca en el aliesfenoides, poseen un foramen oval secundario, poseen un surco bien definido en el basicráneo, posiblemente de naturaleza venosa, entre el foramen hipogloso y el foramen del seno petrosal inferior y las falanges ungueales poseen dorsalmente una cresta cortante aguda [7]. Algunos de los hatliacínidos más conocidos y mejor representados son *Cladosictis patagonica* (Figura 3A) y *Sipalocyon gracilis* del Mioceno de la provincia de Santa Cruz [11, 12].

Order Sparassodonta	
<i>Nemolestes spalacotherinus</i>	
<i>Patene simpsoni</i>	
<i>Patene coluapiensis</i>	
<i>Stylocynus paranensis</i>	
Family Hondadelphidae	
<i>Hondadelphys fieldsi</i>	
Family Hathliacynidae	
<i>Acyon tricuspídatu</i>	
<i>Acyon herrerae</i> (nomen dubius)	
<i>Acyon myctoderos</i>	
<i>Borhyaenidium musteloides</i>	
<i>Borhyaenidium altiplanicus</i>	
<i>Borhyaenidium riggsi</i>	
<i>Chasicostylus castroi</i>	
<i>Cladosictis centralis</i>	
<i>Cladosictis patagonica</i>	
<i>Notictis ortizi</i>	
<i>Notocynus hermosicus</i>	
<i>Notogale mitis</i>	
<i>Perathereutes pungens</i>	
<i>Pseudonoticits pusillus</i>	
<i>Sallacyon hoffstetteri</i>	
<i>Sipalocyon externa</i>	
<i>Sipalocyon gracilis</i>	
<i>Sipalocyon obusta</i> (nomen dubius)	
Superfamily Borhyaenoidea	
<i>Angelocabrerus daptés</i>	
<i>Dukecynus magnus</i>	
<i>Eutemnodus americanus</i>	
<i>Lycopsis torresi</i>	
" <i>Lycopsis</i> " <i>longirostrus</i>	
" <i>Lycopsis</i> " <i>viverensis</i>	
<i>Pharsophorus lacerans</i>	
<i>Pharsophorus antiquus</i>	
<i>Pharsophorus tenax</i>	
<i>Plesiöfelis schlosseri</i>	
<i>Prothylacynus patagonicus</i>	
<i>Pseudolycopsis cabrerai</i>	
<i>Pseudothylacynus rectus</i>	
Family Proborhyaenidae	
<i>Arminiheringia auceta</i>	
<i>Arminiheringia cultrata</i>	
<i>Arminiheringia contigua</i>	
<i>Callistoe vincei</i>	
<i>Paraborhyaena boliviana</i>	
<i>Proborhyaena gigantea</i>	
Family Thylacosmilidae	
<i>Anachlysictis gracilis</i>	
<i>Thylacosmilus atrox</i>	
Family Borhyaenidae	
<i>Acrocyon riggsi</i>	
<i>Acrocyon sectorius</i>	
<i>Arctodictis sinclairi</i>	
<i>Arctodictis munizi</i>	
<i>Borhyaena macrodonta</i>	
<i>Borhyaena tuberata</i>	
Sparassodonta <i>incetae sedis</i>	
<i>Allqokirus australis</i>	
<i>Argyrolestes peralestinus</i>	
<i>Procladosictis anomala</i>	

Tabla 1. Lista taxonómica de las especies de Sparassodonta reconocidas (basado en [2, 3, 4, 5, 7])

Los borienoideos son, a diferencia de los hatliacínidos, mucho más diversos y abundantes en el registro fósil. Incluyen cerca de 30 especies (Tabla 1), mayormente de tamaño mediano a grande. Se caracterizan por carecer de interparietal, poseer una fosa yugular, el petroso ubicado dorsal respecto el nivel ventral del basicráneo, una fosa subarcuata poco profunda, el borde anterior del proceso coronóideo casi vertical, caninos con pequeñas carenas y surcos poco profundos, sin diastema entre estos y el primer premolar, el hipoconúlido ubicado cerca

del plano medio tangencial del talónido, y la ausencia de hipoconúlido en el último molar [7]. Como fue comentado anteriormente, los borienoideos agrupan formas muy variadas, como *Prothylacynus patagonicus* (Figura 3B), del Mioceno de la Provincia de Santa Cruz, cuyo aspecto habría sido similar al hurón mayor (*Eira barbara*); *Borhyaena tuberata* (Figura 3C) y *Arctodictis sinclairi* (Figura 3D y E), ambos del Mioceno de la provincia de Santa Cruz y Chubut, algo más robustos que *Prothylacynus*, posiblemente similares al gulo (*Gulo gulo*); y *Thylacosmilus atrox* (Figura 3F), del Mioceno Tardío-Plioceno de las provincias de Catamarca, La Pampa y Buenos Aires, sumamente llamativos ya que poseían el canino superior en forma de daga similar a aquel presente en los félidos macairodontes (Eutheria, Felidae) [11, 12].

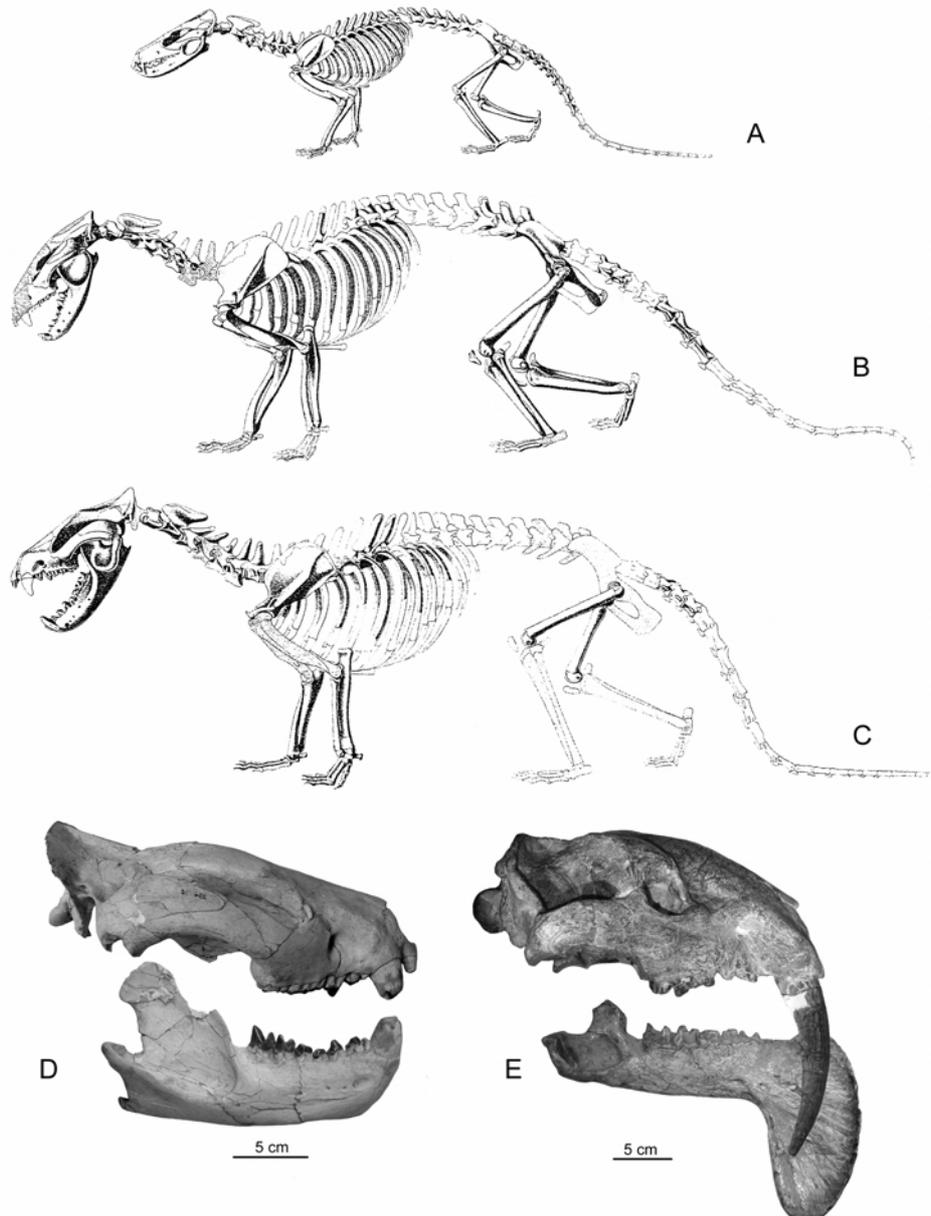


Figura 3. Diversidad de los Sparassodonta. A, *Cladosictis patagonica*, reconstrucción del esqueleto (tomada de [11]); B, *Prothylacynus patagonicus*, reconstrucción del esqueleto (tomada de [11]); C, *Borhyaena tuberata* (reconstrucción del esqueleto, tomada de [11]); D, *Arctodictis sinclairi*, cráneo y mandíbula en vista lateral; E, *Thylacosmilus atrox*, cráneo y mandíbula en vista lateral

Los representantes del Orden Sparassodonta son un componente típico de la fauna autóctona sudamericana. Su posición filogenética es por demás interesante ya que se

ubicarían en una posición basal respecto a los marsupiales vivientes (tanto sudamericanos como australianos), siendo el grupo hermano de estos más algunas formas fósiles (Herpetotheriidae) del Cretácico-Paleoceno de Europa, América del Norte, Asia, África y posiblemente América del Sur [7]. Muy probablemente, el linaje de los esparasodontes y aquel de los marsupiales hubo evolucionado y radiado en América del Sur en tiempos bien tempranos del Terciario o incluso (de acuerdo a la antigüedad del grupo hermano), a partir del Cretácico Tardío. De esta forma, el análisis detallado y la comparación de las faunas de metaterios sudamericanos (incluidos entre estos los esparasodontes) con otras faunas geográficamente distantes permitirán, en el futuro, interpretar las relaciones geográficas con otros continentes, contrastar hipótesis previas y formular nuevas hipótesis de movimientos faunísticos.

Comentarios Finales

La gran radiación adaptativa y la relativa abundancia que tuvieron los esparasodontes durante casi 60 millones de años de evolución, estuvo mayormente condicionada por el aislamiento geográfico sufrido por América del Sur durante este lapso temporal [13, 14]. La declinación del grupo desde fines del Mioceno hasta el Plioceno es manifiesta en el registro fósil. Para el Plioceno (Chapadmalalense), se registra la última especie conocida del Orden Sparassodonta: *Thylacosmilus atrox*. Una teoría clásica respecto a la extinción de los Sparassodonta, que estuvo sostenida hasta tiempos relativamente recientes [Ej. 15, 16, 17], mantenía como causal el ingreso a América del Sur de mamíferos placentarios carnívoros de estirpe norteamericana (Felidae, Ursidae, Canidae, Mustelidae, Procyonidae) a partir del Plioceno, dada la formación del Istmo de Panamá (puente terrestre que unió las dos Américas). Clásicamente se propuso que fenómenos de competencia ecológica habrían ocasionado la extinción de las formas autóctonas de carnívoros, mientras que las formas invasoras “mejor adaptadas” lograron sobrevivir y prosperar. Una revisión de los últimos registros de Sparassodonta sugiere que: a) no se pueden explicar los importantes lapsos temporales que median entre la extinción de los distintos grupos de metaterios carnívoros y la aparición de los carnívoros placentarios; b) no explican la declinación gradual de todas las familias de Sparassodonta en tiempos previos al arribo de los placentarios y, finalmente, c) en muchos casos la semejanza morfológica entre carnívoros metaterios y euterios es sólo superficial, por lo tanto, el establecimiento de “pares ecológicos” debiera evaluarse con mayor cautela [18, 19, 20]. Teniendo en cuenta los mencionados enunciados, resulta incluso metodológicamente imposible siquiera postular un fenómeno de competencia ecológica entre metaterios y euterios carnívoros. Por ello, aquí se sostiene que la extinción de los esparasodontes no estuvo relacionada con la ingesión a América del Sur de los mamíferos carnívoros euterios sino que responden a otras causas, posiblemente a cambios climáticos y geológicos (Ej. vulcanismo y pulsos de levantamiento de la Cordillera de los Andes), u otras aún desconocidas [20]. Contrariamente a las hipótesis clásicas, la relación metaterios-euterios carnívoros debiera tomarse como un fenómeno de Reemplazo Oportunista, en donde los carnívoros euterios ocuparon (y ocupan hasta nuestros días) en los ecosistemas terrestres sudamericanos el nicho ecológico dejado vacante por los, para este entonces, ya extintos esparasodontes.

El registro fósil de los esparasodontes es relativamente abundante y extenso temporalmente (ocupa casi 55 millones de años). La historia evolutiva del grupo es por demás interesante y se interdigita con la evolución de la geografía del continente Sudamericano desde fines del Mesozoico. El estudio de este grupo de metaterios nos brinda no solo información sobre la composición de la fauna en el pasado sino que nos permite conocer en detalle la evolución temprana de uno de los grandes grupos de mamíferos vivientes, los marsupiales, y asimismo, extrapolar y testear hipótesis basadas no solo en datos morfológicos, sino también aquellas formuladas a partir filogenias moleculares. Igualmente, conocer en detalle la morfología de las formas basales de metaterios es de suma importante para interpretar las grandes transformaciones esqueletarias sufridas por los mamíferos desde su gran radiación al comienzo del periodo Jurásico, hace aproximadamente 160 millones de años millones de años. A pesar de la relativamente extensa labor de la que han sido sujetos los esparasodontes, aún hay varios aspectos que necesitan ser trabajados en detalle para una mejor comprensión de este fascinante y exitoso grupo de metaterios.



Figura 4. Reconstrucción en vida de *Arctodictis sinclairi* por el artista Jorge Blanco junto a un ave carnívora (*Phorusrhacidae*) típica del Terciario sudamericano

Agradecimientos

Agradezco a G. Neme y A. Gil por su ofrecimiento en participar en el Tercer Encuentro del ICES (Malargüe), a Jorge Blanco, por el dibujo de la figura 4 y a A. G. Martinelli por la valiosa lectura del manuscrito. Asimismo, quisiera expresar mi especial reconocimiento a Pancho Goin por su incansable guía en el estudio de los metaterios fósiles.

Referencias

- [1] Rougier, G.W., Wible J.R., y Novacek M.J. 1998. Implications of *Deltatheridium* specimens for early marsupial history. *Nature* 396:459-463
- [2] Marshall, L.G. 1978. Evolution of the Borhyaenidae, extinct South American predaceous marsupials. *University of California Publications in Geological Sciences* 117:1-89.
- [3] Marshall, L.G. 1979. Review of the Prothylacyninae, an extinct subfamily of South American "dog-like" marsupials. *Fieldiana Geology, new series* 3:1-50.
- [4] Marshall, L.G. 1981. Review of the Hathlyacyninae, an extinct subfamily of South American "dog-like" marsupials. *Fieldiana Geology, new series* 7:1-120.
- [5] Marshall, L.G., Case J.A., y Woodburne M.O. 1990. Phylogenetic relationships of the families of marsupials. *Current Mammalogy* 2:433-502.
- [6] Marshall, L.G. y Muizon C. de 1988. The dawn of the age of mammals in South America. *National Geographic Research* 4:23-55.
- [7] Forasiepi, A.M. 2006. Anatomy of *Arctodictis sinclairi* (Mammalia, Metatheria) and the phylogenetic relationships of Sparassodonta, large carnivores of the Cenozoic of South America. PhD Thesis, Department of Anatomical Sciences and Neurobiology, School of Medicine, University of Louisville; 394 pp.
- [8] Muizon, C. de, Cifelli R.L., y Céspedes Paz R. 1997. The origin of the dog-like borhyaenoid marsupials of South America. *Nature* 389:486-489.
- [9] Muizon, C. de 1999. Marsupial skulls from the Deseadan (late Oligocene) of Bolivia and phylogenetic analysis of the Borhyaenoidea (Marsupialia, Mammalia). *Geobios* 32:483-509.
- [10] Muizon, C. de 1991. La fauna de mamíferos de Tiupampa (Paleoceno Inferior, Formación Santa Lucía) Bolivia. In Suarez-Soruco R. (ed.), *Fósiles y Facies de Bolivia, Volúmen I Vertebrados*. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolivia* 12:575-624.

- [11] Sinclair, W.J. 1906. Mammalia of the Santa Cruz beds: Marsupialia. Reports of the Princeton University, Expedition to Patagonia 4(3):333-460.
- [12] Argot, C. 2004b. Evolution of South American mammalian predators (Borhyaenoidea): anatomical and palaeobiological implications. Zoological Journal of Linnean Society 140:487-521.
- [13] Simpson, G.G. 1980. Splendid Isolation. The Curious History of South American Mammals. Yale University Press, New Haven, 266 pp.
- [14] Marshall, L.G. y Cifelli R.L. 1990. Analysis of changing diversity patterns in Cenozoic Land Mammal Age faunas, South America. Palaeovertebrata 19:169-210.
- [15] Simpson, G.G. 1950. History of the fauna of Latin America. American Scientist 38:361-389.
- [16] Patterson, B. y Pascual R. 1968. Evolution of mammals on southern continents. The fossil mammal fauna of South America. The Quarterly Review of Biology 43:409-451.
- [17] Werdelin, L. 1987. Jaw geometry and molar morphology in marsupial carnivores: analysis of a constraint and its macroevolutionary consequences. Paleobiology 13: 342-350.
- [18] Ortiz Jaureguizar, E. 1989. Analysis of the compositional changes of the South American mammal fauna during the Miocene-Pliocene (Panaraucanian Faunistic Cycle). V International Theriological Congress (Roma), Abstracts 1:277-278.
- [19] Goin, F.J. 1989. Late Cenozoic South American marsupial and placental carnivores: changes in predator-prey evolution. V International Theriological Congress (Roma), Abstracts 1:271-272.
- [20] Forasiepi, A.M., Martinelli A.G., y Goin F.J. 2007. Revisión taxonómica de *Parahyaenodon argentinus* Ameghino y sus implicancias en el conocimiento de los grandes mamíferos carnívoros del Mio-Plioceno de América del Sur. Ameghiniana 44:143-159.

A Comparative Study of the Temperature Profiles at Argentina as Example of Mid-Latitudes, With GPS, Radiosonde and Reanalysis

S.G. Lakkis,^(*,**)
P. O. Canziani^(*,***)

(* Equipo Interdisciplinario para el Estudio de Procesos Atmosféricos en el Cambio Global (PEPACG), Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA). Facultad de Ciencias Agrarias

(** Facultad de Ciencias Agrarias. Pontificia Universidad Católica Argentina

(*** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Correspondence to: HYPERLINK "mailto:gabyLakkis@uca.edu.ar" gabyLakkis@uca.edu.ar

Introduction

Detecting and monitoring the variability and change in global climate, is one of the most important scientific and technical challenges for the next years, due to the strong evidence that the Earth's climate is changing, as a result of human activities. Understanding global warming and climate variability are topics that concern not only meteorology and climatology studies, but also require the advancement of atmospheric chemistry and physics. It is fundamental to establish reliable and stable long-term records of key climate variables such as atmospheric temperature and humidity, relevant per se as well as to understand related physical and chemical processes. The global temperature structure has been studied during recent decades using different techniques, such as balloons, satellite derived data, different kinds of LIDAR observations and products from various reanalysis models, which provide a large array of measurements. Yet such an array of techniques also results in a source of various limitations or even errors in the data sets, derived from differing vertical and horizontal resolutions, model and assimilation capabilities as well as instruments quality, operational characteristics, inversion algorithms and, in the of satellite instruments, orbit changes, among many others issues.

Obtaining reliable vertical profiles of atmospheric variables in general and information on their global behaviour in particular of temperature, is the first step to improve our understanding of dynamics and climatology in the troposphere and stratosphere, and such processes as coupled stratosphere-troposphere dynamics/climate (1) as well troposphere-stratosphere exchange (STE) of trace species including greenhouses gases. Since the World Meteorological Organization (WMO) assessment (2), there has been and growing impetus for observational and model investigations of the temperature trends. This has occurred owing to increases in greenhouse gases and the now well documented global and seasonal losses of stratospheric ozone, both of which are estimated to have impact on the climate. Temperature changes have also been identified as affecting the microphysical – chemical processes occurring in the stratosphere and upper troposphere (UT/LS region) (3).

The tropopause is recognized as a key feature of the atmospheric structure at all latitudes; i.e., polar, mid-latitudes and tropics, and an overall understanding both of the UT/LS and of STE is dependent on our ability to quantify and describe tropopause structures and their evolution in time (4,5,6,).

The tropopause or rather the tropopause layer (7,8), in simple terms, determines the boundary between the troposphere and stratosphere, which have fundamentally different characteristics with respect to chemical composition and static stability. The tropopause can be thus viewed as the transition zone between the turbulently mixed troposphere and the more stable stratified stratosphere (9), affecting both the dynamics and the chemistry. In this scenario the tropopause plays an exceptional role (4).

Various studies have attempted to elucidate the key factors that determine the latitude – altitude distribution of the tropopause (e.g. (10,11)). Initial studies were based on radiosonde. More recently, data derived from satellite and analyses from numerical weather prediction centres and reanalysis products (9,12) have provided insights on the climatological properties of the tropopause. Their results reveal that the tropopause responds to different kinds of influences, such as angular momentum, volcanic eruptions and solar radiation (13).

Different studies show an increase in the height of the tropopause over the last several decades, either at individual radiosonde stations, stations networks in the tropics or in tropical averages from reanalysis products (12,14). Tropopause altitude behaviour is thus an excellent parameter for detection the climate variability. Therefore direct monitoring and understanding the temperature structure and the behaviour of the tropopause layer imply an important goal for atmospheric and climate change studies, together with the lower stratosphere (1). The WMO definition of the tropopause is based on lapse ratio criteria. This definition is referred to as the thermal tropopause, being the definition used in the operational radiosonde profiles retrievals.

Notwithstanding, the tropopause can be defined by more general stability criteria, represented by potential vorticity (PV) (15). In terms of the lapse rate tropopause, the interface between the tropics and extratropics at a particular longitude is often characterized by a split in the tropopause, rather than a continuous transition. It should be note that the tropopause can occur as a multiple or layered tropopause. Several studies (16), has referred to their occurrences. Multiple tropopause are also referred by WMO (3): "A frequent atmospheric condition in which the tropopause appears not as a continuous single surface of discontinuity between the troposphere and stratosphere, but as a series of quasi horizontal "leaves" which are partly overlapping in a step-like vertical distribution".

Many recent studies attempted analyse and characterize multiple tropopause in the tropics, i.e., Tropical Tropopause Layer (TTL) but less so in Polar Regions 17 . Even fewer studies have been carried out for the mid latitude regions in particular over the Southern Hemisphere 8 . Over the extratropical regions, soundings can reveal the presence of multiple tropopause events. Historical radiosonde shows the presence of multiple tropopause events and their trends 8,17 . The present work aims to analyse temperature profiles for radiosonde stations of Argentina as example of Southern mid-latitudes between 30 S - 60 S considering data from radiosonde (RS), retrievals from the Global Positioning System radio occultation retrievals (GPS RO), with data from similar sensors on board CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) and SAC-C (Satélite de Aplicaciones Científicas) satellites, and data derived from ERA40 reanalysis, in order to carry out an intercomparison, considering RS retrievals as the observational referenced. In addition, this study analysis, for GPS remote sounding data and significant levels derived from radiosonde profiles, the presence of single and multiple tropopauses, defined using the lapse rate tropopause (LRT) definition.

Data and Methodology

Radiosonde, satellite retrievals from CHAMP and SAC-C and reanalyses data products from ERA-40 are chosen for this study.

(a Radiosondes

For more than fifty years now, radiosondes have been at the core of operational and observational datasets. However there are many problems when such datasets are to be used for variability and trend studies. It is very common in atmospheric studies that incomplete datasets have to be used, either because the original complete datasets are no longer available or because there were gaps in the operation of the instruments under consideration. In such cases, very often potential results could be affected by assumptions on the extent an incomplete dataset is representative of the full unavailable sample; many working hypothesis must thus be applied during the analysis. The radiosonde dataset is one example of incompleteness. Although the sonde data do not cover the entire globe, there have been several well-documented efforts using varied techniques to obtain temperatures over the global domain. The RS measurements used here are obtained from the database at the Department of Atmospheric Sciences, College of Engineering, University of Wyoming (<http://weather.uwyo.edu>). A set of 4 stations over Argentina (only two shown , was selected for the study, more precisely at latitudes between 30 - 60 S criteria that contemplated the length and completeness of the archived data records and coincidence with GPS remote soundings events, in order to more closely compare the different techniques. The chosen stations are Córdoba (SACO), Ezeiza (EZE), Santa Rosa (SAZR) and Mount Pleasant (EGYP). Stations hereinafter will be referred using the International Air Transport Association code, e.g., EZE, and so forth. All reported levels (both the standard and significant levels) in radiosonde observations made within three hours from 00Z to 12Z, were used to compare with the GPS RO and ERA-40 in order to study temperature behaviour over these stations. Data from RS were

computed in order to obtain two subsets from the original data set, corresponding to significant and standard levels respectively so as to determine for each the location of the lapse rate tropopause (LRT1 and, if present, the second (or third) tropopause (LRT2, LRT3), using the World Meteorological Organization definitions. Single and double (multiple) tropopause determinations were carried out using the following criteria:

(1) The first tropopause (LRT1) is defined as the lowest level at which the temperature lapse rate is less than to 2 K/km and the lapse-rate average between this level and the next 2 km does not exceed 2K/km

(2) If above the first tropopause (LRT1) the average lapse rate between any level and all higher levels within 1 km exceeds 3K/km, then a second tropopause is defined by the same criteria as under (1). This tropopause may be either within or above the 1 km layer.

The vertical resolution of RS data has increased in recent years, depending on the payload used at each location. Nevertheless they typically have 40 levels between 1000 and 50 hPa or 0.5 km resolution.

(b) GPS data

The availability of GPS radio signals has introduced during the last decade a promising remote sensing technique for the Earth's atmosphere due to its global coverage, high vertical resolution, self-calibration and capability to operate under all weather conditions. The method exploits signals from GPS satellite constellation received by sensors onboard Low Earth Orbiting (LEO) satellites for atmospheric limb sounding. Signals from GPS measurements are influenced by the atmospheric refractivity field resulting in a time delay and bending of the signal, assuming the validity of geometric optics and local spherical symmetry. The atmospheric shift phase is the observable that is measured with high accuracy, which varies from about 0.5 km in the lower troposphere to about 1 km in the lower stratosphere (18).

In this study approximately 40 soundings from SAC-C and CHAMP satellites for the period 2001-2002, provided by Jet Propulsion Laboratory (JPL), are considered. These globally distributed data were processed to obtain individual profiles of each event under study, where each event corresponds to a profile for a specific year, month, day and hour, with a selected 2.5 (2.5) (latitude-longitude) gridbox, around a selected radiosonde station. Temperature, pressure and height are considered among other atmospheric variables.

(c) ERA-40 Reanalysis

Detailed descriptions of model processing and data products provided by The European Centre for Medium Range Weather Forecast (ECMWF) can be found at ([HYPERLINK "http://www.ecmwf.int" http://www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)).

For the present work, it is sufficient to note that the publicly available model has 16 pressure levels on a 2.5° (2.5°) grid. For the comparison with radiosonde data and GPS retrievals, both monthly means and corresponding daily reanalysis data are used in the present study. Monthly means data within the 30(-60)S latitude band were, bilinearly interpolated for 1000 to 10 hPa levels to each station coordinates.

Daily and mean temperature profiles over the selected stations, as well as the corresponding monthly standard deviations were thus calculated for comparison with RS and GPS RO profiles.

Results

Comparison with ECMWF Reanalysis and Radio-Occultation

The profiles derived from RS measurements, GPS RO retrievals as ERA-40 daily profiles and monthly means are plotted together in the Figures 1 to 4 for SAZR and EGYPT, as examples of the stations under study. It must be noted that for reanalysis products, daily profiles are named ECMWF D, while monthly means ECMWF M.

Figures 1 to 3 show the comparison for some selected event between RS data, monthly (daily) means reanalysis and GPS RO measurements for SAZR as example of a station located near the Tropic of Capricorn. Before proceeding further, note that the from RS measurements in the upper levels decreases with height due to the fact that proportionately fewer radiosonde launches reach stratospheric levels. By contrast, in the lower troposphere, the situation is different. Here the number of GPS RO data available per height decreases with decreasing

altitude. This is related to the known refractivity bias, extensively discussed in several studies [19]. On the other hand, reanalysis products always contain a fixed amount of data per level. It is possible realize at first sight in most cases that GPS RO are more closely related to RS measurements than to reanalysis profiles, both of daily values as well as of monthly means and their standard deviations. However there are GPS RO differences that increase respect to RS for heights above the tropopause levels (stratosphere) and decrease into the troposphere. These results are in agreement with previous results since GPS RO near 100 hPa pressure level have their highest accuracy (19).

The differences between GPS RO and RS found here for the station set under study oscillate between 1-10 K. It must be noted as well that most differences mainly are warm at the lower troposphere while in the lower stratosphere are cold biases. On the other hand, for pressure levels less than 50 hPa, or altitudes higher than 20 km, the performance of the payload must took into account due to their fundamental role on these differences.

It is important to note as well, that even in the height range of better GPS RO performance, in the vicinity of the tropopause and UT/LS, all RS profiles shown present a height range in which despite variability there is a distinct change in the temperature profile corresponding to the well known change in the temperature gradient near the tropopause, GPS RO profiles show a smooth curve, as if the data had been suitably smoothed in height range, surrounding the tropopause zone. Thus, while the RS profiles suggest a complex structure in the UT/LS transition height range, the GPS RO profiles would appear to suggest a far smoother, less stratified transition in the STE region.

The ERA-40 profiles, on the other hand, have important differences when compared with RS ones, even at levels below the tropopause. Such differences can be detected not only in daily profiles but also for monthly means profiles. These differences, which can extend beyond the standard deviation of the means, could suggest systematic errors in the processed profiles. Even when there are some cases, as shown in Figure 4(a) (station code 88889: EGYPT, which carries few difference between profiles from GPS RO and ERA-40 products in the stratosphere, both yield differences with respect to RS.

For almost all the stations under study, the RS and GPS RO observed temperature profiles are quite close but only up to about 12 kilometres, as well as with ERA-40 profiles (both the monthly mean and the corresponding daily profile). ERA-40 profiles show cold differences at lower troposphere in contrast with the stratosphere, whereas the biases are warm compared with RS and GPS RO observations. These differences appear both in the daily profiles and in the monthly means values plotted.

Considering both ERA-40 monthly means values and their standard deviation they show, as would be expected, different behaviour for each month. In consequence, if monthly means values, bilineary interpolated, are considered to reasonably represent the expected daily behaviour, as the plots shows happens in many cases, the detected biases could have a strong temporary dependence.

The profiles obtained from the reanalysis show that monthly mean profiles at this location have differences at almost all heights, which are particularly important at the upper levels between 10–20 km. These differences can reach in some cases values as large as 10–14 K in and around the tropopause, showing a trend that underestimates the temperature behaviour compared to RS and GPS RO. Thus despite differences, either because of bias or smoother structures in particular in the UT/LS region, GPS RO retrievals are overall in better agreement with the observations obtained by the operational radiosonde network than the latter with ERA-40 reanalysis products.

Tropopause

In this section data from RS and GPS RO profiles were used to calculate tropopause parameters for each event studied. As pointed out in the methodology section, the WMO definitions of thermal tropopause and multiple tropopause situations were used in the present analyses. As would be expected, given the smoothness of the GPS retrievals in the UT/LS region mentioned in the previous section, a preliminary inspection shows that while single and double tropopause events can be detected in RS observations this is not as common an occurrence with the GPS RO retrievals. Examples of temperature profiles where LRT1, LRT2 and, in some case, LRT3 are identified in RS observations, but not in GPS RO retrievals are shown in Figure 5.

Several recently published papers have carried out comparisons between radiosonde measurements and data derived from GPS, considering latitude bands with a much broader coverage. The examples presented in Figure 5, on the other hand reveal the behaviour of temperature profiles obtained using both techniques, when the location for comparison is strictly restricted to a selected station within a limited 2,5(2,5(latitude-longitude gridbox; i.e., the number of radio-occultation profiles available is rather less than in a wide latitude band approach, but nevertheless has the advantage of a more accurate comparison with RS due to their proximity in space and time. However, an overview of a limited sampled of profiles, as presented Figure 5, is not sufficient for a detailed analysis and discussion.

While a complete statistical analysis cannot be carried out due to the restricted number of GPS RO profiles it is still possible to carry out a reasonable comparison of tropopause events in RS and GPS RO profiles. For this purpose, given the WMO definition of tropopause, only significant levels from radiosonde profiles were considered for its determination. By contrast data collected by sensors onboard CHAMP and SAC-C contain many different variable levels due the nature of the technique and their global coverage during the day. We consider here that both methods can be analytical compared if GPS retrievals, since they show a unique and instantaneous retrieval for each station, are taken as significant levels.

Under this assumption, the data derived of this two techniques were processed in order to obtain LRT1 and if present LRT2, or even LRT3. Values for tropopause pressure, height and temperature obtained by this procedure are shown in Table 1 for EZE as an example of the approach applied to all stations. While the number of events considered during 2001-2002, do not permit the analysis of annual variability or a statistical analysis, a preliminary inspection of the results can suggest important features on tropopause behaviour.

EZE is one of the most representative stations for the present study, where frequent occurrences of multiple tropopauses are observed when data from radiosonde, both in low/high resolution are available. From Table 1, is possible to note that in RS profiles LRT1 height is found on average near 12.5 km, with a temperature near 210 K. These values are in reasonable agreement with GPS RO retrievals: tropopause height is located about 13.6 km, and the temperature is near 213 K. Special reference must be made regarding EGYPT, as an example of a high latitudes station: differences between GPS and RS data can be as large as 6 km for tropopause height, yet temperatures in both dataset are of the same order; i.e., around 213-215 K. This is less than expected for this latitude, but a represents a coherent value if the number of occultation available is taken into account. Therefore, GPS RO and RS data, both, describe a climatologically reasonable LRT1 heights and temperatures decreasing from 12 km over subtropical/mid-latitudes to about 9 km at higher latitudes; i.e., decreasing towards the pole for height and increasing poleward for temperature.

Thus broadly speaking, radiosonde and GPS appears to be in good agreement in tropopause temperatures and heights estimates when LRT1 is considered, with a decreasing agreement as latitudes increase and temporal independence for the available retrievals at the stations under study. Nevertheless, it is possible to infer a slight overestimation of the tropopause parameters derived from GPS RO, both in height or/and temperature, depending on the location of the station under study. This behaviour is in good agreement with the results previously mentioned in the comparison of temperature profiles.

An important issue regarding tropopause parameters, is that of the pressure behaviour: the differences between GPS RO and RS data independently of station latitude and longitude. These differences vary between a scant 1 hPa to more than 150 hPa, but in these cases pressure differences are not reflected in height or temperature values to such an extent; i.e., the high variability between tropopause pressure values in each event between the two methods, does not imply a similar variability in temperature or height values.

As an example, Table 1 includes a row shaded in grey corresponding to EZE, on 29 May, 2002, with a pressure difference close to 120 hPa, while the temperature differences is only 4 K; i.e., pressure differences are in order of 45%, while temperature or heights differences are only near 2%. Regarding this point, studies using radiosonde network data have evaluated the tropopause pressure monthly means anomalies. They concluded that, even when the pressure is independently measured, and it is generally thought that radiosonde pressure observations are more accurate than temperature ones, this argument is unfortunately wrong and the accuracy is directly related with the performance of the sensor type used on each station (20(. These anomalies are present too in reanalyses products and satellite data, as is mentioned in

several previous studies (e.g., (21)). The comparison between the various observation techniques and with the reanalysis further confirms these findings.

The above results present the most important characteristic of the performance of GPS RO retrievals referred to tropopause parameters. Many papers recently published have dealt with multiple tropopause events in extratropics region (e.g. (22)). They could establish, using different techniques, that tropopause folds occur in latitude bands between 30(- 50(over both hemispheres with more occurrences, on average, over the northern hemisphere than over the Southern Hemisphere. There is however a region with enhanced multiple occurrences (at least double tropopause (of east South America (35)) during summer and winter season.

These latitude bands with multiple tropopause events are related to the location of the jet stream. Furthermore it was noted that tropopause breaks and double tropopause situations could be associated with the passage of frontal systems (23(. More recently the subtropical jet was considered as the primary source for double tropopause events. In simple terms, the jets in the vicinity of the tropopause, be it the subtropical jet or jets associated with frontal activity, can lead to tropopause break and double or multiple tropopause situations (24, 8(.

Bischoff et al. 8 provide valuable information about the occurrence distribution of double tropopause at southern extratropical latitudes using close to thirty years of observations from a radiosonde network; i.e., approximately 9.000 daily profiles per station. They showed that over, EZE, a station sampled in this study as well, seasonal maximum of occurrence of double tropopause events is close to 45%. Other stations considered yielded similar values, with minor differences in the maximum values occurrence and in their annual/seasonal distribution. They also noted that many of these events could be linked to the passage of frontal systems and the effects of the associated frontal jets upon the tropopause.

From results reported in Table 1, it is possible to deduce 44% of occurrences for LRT1 and near 30% for LRT2 in EZE for the RS observations considered in this study. This percentage of occurrences is obviously influenced by the limited number of events. LRT2 detection yield a more limited number of occurrences at most of the order of 16-17%.

Nevertheless, and as mentioned above the detection of multiple tropopause corresponds only to RS data. The analysis of GPS RO retrievals could only detect LTR1 in most cases and practically no double or multiple tropopause events were detected in the vicinity of the selected stations, even when the RS profile clearly had a double tropopause occurrence. For SAZR and EGYPT there even were cases where GPS RO lapse rate analysis did not even yield single tropopause (results not shown). Thus, given these results and in close vicinity to RS stations it made no sense to carry out a detailed analysis of multiple tropopause events with GPS RO profiles. Such behaviour in the satellites retrievals is systematic for all station studied and can be seen in the examples presented, Figure 5. Furthermore, when RS data reveals the presence of multiple tropopause situations, the differences between temperatures for LRT1 derived from both methods, appears to increase. Moreover, in some cases, the single tropopause temperature derived from GPS RO was close to the *non-weighted average* of LRT1, LRT2 and eventually, if present, of LRT3 derived from RS measurements.

Discussion and Conclusions

The comparison of GPS RO measurements and ERA-40 reanalysis products with RS profiles at selected sites, for the period 2001-2002, over Argentina, provides insights into the capabilities of these different techniques to describe the troposphere and lower stratosphere and in particular the UT/LS region.

The comparison carried out in Section 2 reveals at first sight, a better agreement for GPS RO measurements with RS profiles than for reanalysis products, both as daily and monthly means values. It was shown that, even when the agreement of GPS RO profiles with RS data varies with the location of the stations under study, especially in stratosphere, the resulting differences derived from remote sounding are practically independent of the latitude–longitude due to the fact that there are no correlation between the module of the differences and the station locations. Profiles plotted for almost all stations show good agreement with RS measurements up to 15 km, with smaller differences than at upper levels. These results should

be clear if the performance of the payloads is considered¹. As was previously mentioned the sources of this somewhat less than perfect agree in the lower troposphere could be related to water vapour 24 . From Figures 1-4 it is possible to note that, in those cases where GPS RO profiles do not have a good agreement with RS data at lower troposphere, the differences between GPS RO and RS measurements commonly appear as warm biases, thus it could be considered that in the lower troposphere GPS RO have a slight trend to overestimate temperature values at altitudes below 10 km and tropopause vicinity. The lower stratosphere has the opposite performance when GPS RO is compared with RS data. In this case, cold differences, are more important, particularly near 20 km. It is important to note that for these heights, radiosonde instruments may not reach upper levels with high accuracy. In spite of this is important to take into account the instruments used for the latitude-longitude range under study. However, the results must necessarily consider two important factors that could influence the final profiles derived from the GPS RO. First of all, the quality of the measurement of the observable: refractivity. During the analyzed years, the performance of GPS sensors was not at its the best, e.g., the number of erroneous CHAMP profiles due to different kinds of errors, both in the capture of signals and their processing were around 30% for 2001 and 27% for 2002. A massive use of GPS RO profiles without an adequate statistical testing of the profile quality would thus be risky. It would be important to know in previous GPS related studies that proceeded with large scale sampling whether such a preselection process was effectively carried out and what kind of statistical distribution GPS RO retrievals represented and how that compared with regional RS statistics.

It is also important to point out the fact that the GPS RO selected for this research, were restricted in 2,5((2,5) latitude-longitude gridbox, and, in consequence the number of profiles was of necessity not a large one. While this approach, of necessity restricts the possible statistics analyses, if the region under study had been a large latitude-longitude band instead of a gridbox the comparison with actual RS profiles would not be conclusive without an array of statistical test between both data sets, and from a dynamic perspective, such a comparison would not be reliable since physical processes affecting the RS profiles may not influence the GPS RO profile located at a distance and vice versa.

As for tropopause results, temperature and height values for LRT1 derived from GPS RO can globally be considered in a good agreement with RS data. Regarding to the tropopause, an important result derived from comparison between GPS RO and RS measurements should be noted. Results reveal that currently only RS observations can reliably detect the location of the LRT2 and LRT3, and even in some cases, LRT4 (e.g. EZE, not shown). This is an important issue given that despite the fact that the optimum GPS RO resolution is near 15 km or 100 hPa, their profiles cannot detect LRT2, and much less the LRT3. Figure 5 shows examples of such behaviour in the profiles. Furthermore, as was previously described, tropopause temperatures for LRT1 as derived from GPS RO measurements is approximately an average value at the stations where RS profiles show the existence of double or multiple tropopause events.

The comparison of the RS data with ERA-40 reanalysis, shows that both the daily values and the monthly mean ones have differences larger than GPS RO with respect RS data. These differences are present in the troposphere as cold biases as well as in the stratosphere where the differences appear as warm biases. Thus ERA-40 analysis yields behaviour with a tendency to underestimate the temperature structure, particularly near the tropopause. The reason of these deviations could be found in several factors, but it is important to note that the output of the ERA-40 data were bilinearly interpolated. As the results show, the interpolation must be done with exponential criteria that involve not only obtaining a correct estimate, but also representative standard deviations.

Acknowledgements

The authors thank the Pontificia Universidad Católica, Facultad de Ciencias Agrarias, for the Beca doctoral given in the framework of Programa de Incentivo para la Investigación, and to the Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) PIP 2004 5276.

¹ Even when the GPS RO profiles show the best agreement at this vertical region, it should be taken into account that data derived from occultation measurement can not detect LRT2, which it supposed to be at altitudes included at the higher vertical resolution of the sensors.

References

- 1 Baldwin, M. P., Dameris, M. and Shepherd T.G. 2007. How will the stratosphere Affect Climate Change, *Science* 316, 1576-1577,.
- 2 World Meteorological Organization, Report of the International Ozone Trends Panel. 1990a. Ozone: 1988, *Global Ozone Res. and Monit. Proj., Rep. 18*, chapter 6, pp. 443-498, Geneva,
- 3 World Meteorological Organization, Scientific assessment of ozone depletion. 1999. 1998, *Global Ozone Res. and Monit. Proj., Rep. 44*, 546 pp., Geneva,
- 4 Holton J. R., Haynes P. H., Douglass A. R., Rood R. B., Pfister L. 1995. Stratosphere-Troposphere exchange, *Rev. Geophys.* 33: 403-439.
- 5 Shepherd T. G. 2002. Issues in Stratospheric-tropospheric coupling, *Journal of the Meteorol. Society of Japan* 80: 769-792.
- 6 Stohl et al. 2003. Stratosphere-troposphere exchange: A review, and what we have learned from STACCATO, *J. Geophys. Res.* 108(D12): 8516, doi:10.1029/2002JD002490,
- 7 Pan L. L., Randel W.J., Gary B.L., Mahoney M.J., Hintsa E.J. 2004. Definitions and sharpness of the extratropical tropopause: a trace gas perspective. *J. of Geophys. Res.* 109: D23103, doi: 10.1029/2004JD004982,
- 8 Bischoff, S. A., Canziani, P. O., and Yuchechen. A. E. 2007. The tropopause at southern extratropical latitudes: Argentina operational rawinsonde climatology, *Int. J. Climatol.* 27, 189-209.
- 9 Hoinka, K. P. 1998. Statistics of the global tropopause pressure, *Monthly Weather Rev.*, 126: 3303-3325.
- 10 Held, I. M. 1982. On the height of the tropopause and the static stability of the atmosphere, *J. Atmos. Sci.* 39: 412- 417
- 11 Thuburn, J., and Craig, G. C. 1997. GCM test of theories for the height of the tropopause, *J. Atmos. Sci.* 54: 869-882.
- 12 Randel , W. J., Wu, F., and Gaffen, D. J. 2000. Interannual variability of the tropical tropopause derived from radiosonde data and NCEP reanalyses, *J. Geophys. Res.* 105, 15, 509-15, 524.
- 13 Reid, G. C., and Gage, K. S. 1981. On the annual variation in height of the tropical tropopause, *J. Atmos. Sci.* 38: 1928-1938.
- 14 Steinbrecht, W., Claude, H., Koehler, U., and Hoinka, K. 1998. Correlations between tropopause height and total ozone: Implications for long-term changes. *J. Geophys. Res.* 103, 19, 183-19, 192.
- 15 Hoerling, M. P., Schaack, T. K., Lenzen A. J. 1991. Global objective tropopause analysis. *Monthly Weather Rev.* 126: 3303-3325,
- 16 Bjerkens, J. and Palmén, E. 1937. Investigation of selected European cyclones by means of serial ascents, *Geophys. Publ.* 12, 62 pp., American Meteorological Society, Boston, Mass.
- 17 Seidel, D. J., Ross, R. J., Angell, J. K., and Reid, G. C. 2001. Climatological characteristics of the tropical tropopause as revealed by radiosondes, *J. Geophys. Res.* 106: 7857-7878.
- 18 Kursinski E. R, et al. 1996. Initial results of radio occultations observations of Earth's atmosphere using the Global Positioning System, *Science* 271: 1107-1110.
- 19 Kursinski E. R. 1997. The GPS radio occultation concept: Theoretical performance and initial results, Ph.D. thesis, Calif. Int. Of Technol., Pasadena.
- 20 Seidel , D. J., and Randel, W. J. 2006. Variability and trends in the global tropopause estimated from radiosonde data, *J. Geophys. Res.* 111, D21101, doi:10.1029/2006JD007363.
- 21 Santer, B. D., et al. 2003. Behavior of tropopause height and atmospheric temperature in model, reanalyses, and observations: Decadal changes, *J. Geophys.* 108(D1), 4002, doi:10.1029/2002JD002258.
- 22 Randel W. J., Wu, F., and Rios, W. R. 2003. Thermal variability of the tropical tropopause region derived from GPS/MET observations, *J. Geophys. Res.* 108(D1), 4024, doi:10.1029/2002JD002595.
- 23 Palmén, E., Newton C. W. 1971. *Atmospheric Circulation System: Their structure and physical interpretation.* Academic Press: New York and London; 602.

24 Wickert, J., Schmidt, T., Beyerle, G., König, R., Reigber, C., and Jakowski, N. 2004. The radio occultation experiment aboard CHAMP: Operational data analysis and validation of atmospheric profiles. J. Meteorol. Soc. Jpn. 82(1B): 381-395.

Tables and Figures

EZE	Date	P ₁ (hPa)	H ₁ (km)	T ₁ (K)	P ₂ (hPa)	H ₂ (km)	T ₂ (K)	P ₃ (hPa)	H ₃ (km)	T ₃ (K)
RS	2001-05-23	104	16062	205.1	24	25178	273.7	13.6	28810	214.3
GPS	14.47	190.6	12364.7	214.4	-	-	-	-	-	-
RS	2001-06-08	179	12748	207.1	44.6	21214	208.1	-	-	-
GPS	11.37	188.2	12459.6	211.5	-	-	-	-	-	-
RS	2001-09-04	229	11077	215.1	-	-	-	-	-	-
GPS	16.50	171.9	12919.5	214.8	-	-	-	-	-	-
RS	2001-09-12	194	12258	210.5	-	-	-	-	-	-
GPS	03.37	147	14029.8	208.1	-	-	-	-	-	-
RS	2001-11-04	258	10394	222.7	134	14652	210.3	-	-	-
GPS	11.45	253.9	10535.9	226	-	-	-	-	-	-
RS	2001-11-15	287	9496	222.3	109	15804	215.3	62	19372	216.4
GPS	14.41	97.1	16546	213.2	-	-	-	-	-	-
RS	2002-03-12	89.1	17259	198.9	-	-	-	-	-	-
GPS	10.23	99.6	16628.5	201.9	-	-	-	-	-	-
RS	2002-05-29	229	10999	217.1	135	14345	214	64	18999	211.8
GPS	13.37	105.5	15908.2	212.4	-	-	-	-	-	-
RS	2002-06-16	210	11629	211.3	-	-	-	-	-	-
GPS	03.27	205.6	11733.6	215.5	-	-	-	-	-	-

Table 3. Tropopause parameters derived from radiosonde and GPS retrievals for EZE. Values show the presence of LRT1, LRT2, LRT3 and even LRT1 for some events from data collected from radiosonde, 12 UTC, while values derived from GPS can detect only the first lapse rate

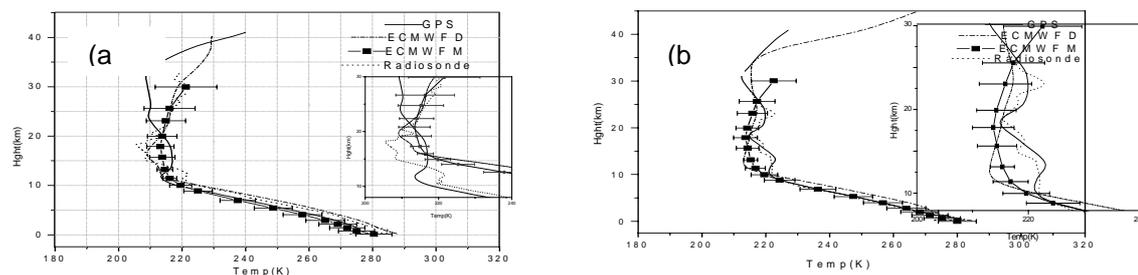
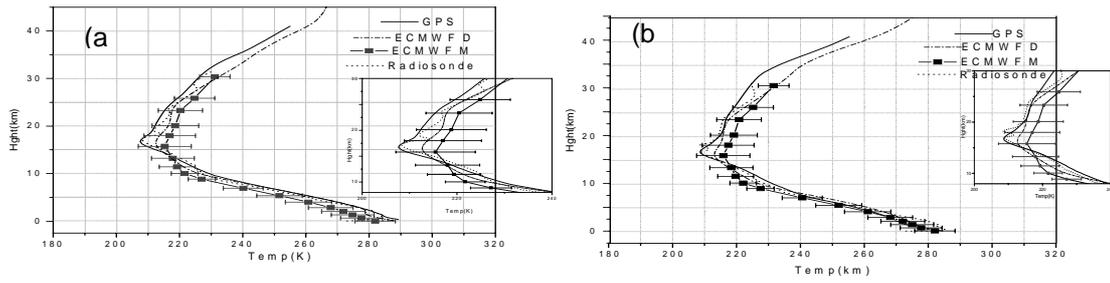
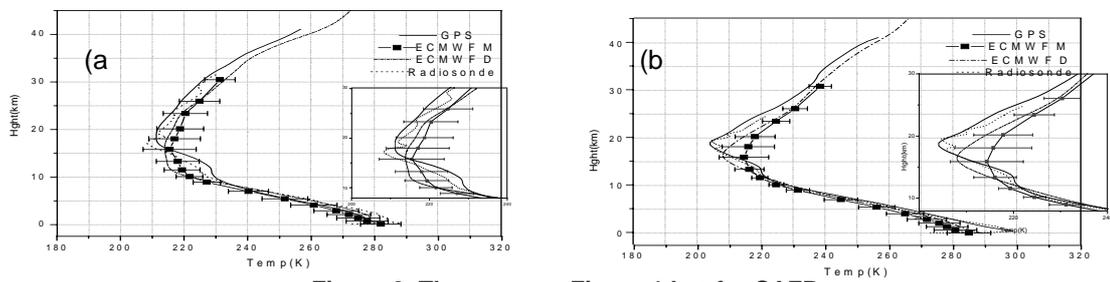


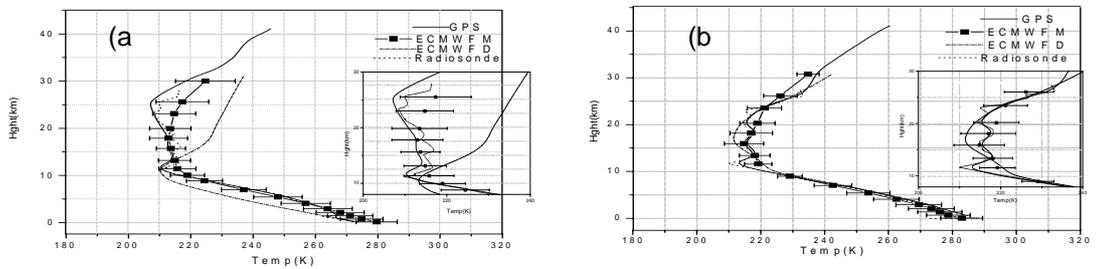
Figure 1. Vertical profile derived from radiosonde data, reanalysis daily values, reanalysis monthly means value and GPS RO for SAZR on a) June 20, 2001, SAC-C b) July 10, 2001 CHAMP



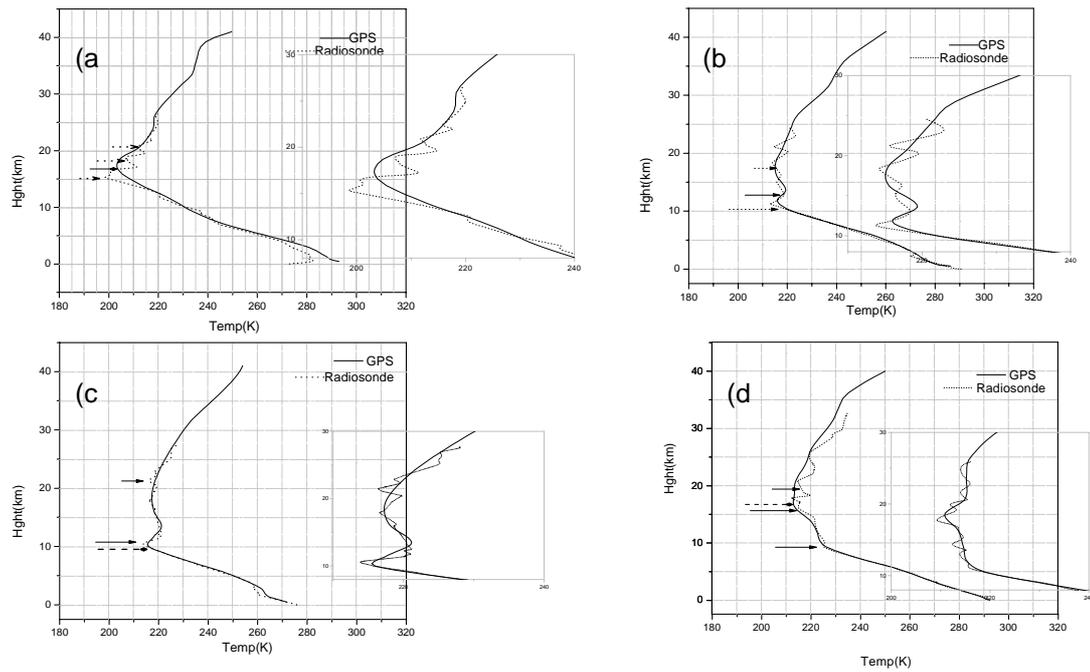
**Figure 2. The same as Figure 1 but for SAZR on
a) November 24, 2001, SAC-C b) November 26, 2001 CHAMP**



**Figure 3. The same as Figure 1 but for SAZR on
a) November 29, 2001, CHAMP b) January 22, 2002 CHAMP**



**Figure 4. The same as Figure 1 but for EGYPT on
a) September 15, 2001 CHAMP b) December 10, 2001 CHAMP**



**Figure 5. Vertical temperature profiles for
 (a) SACO, June 05, 2002, (b) NZNV, December 15, 2001
 (c) EGYPT, March 18, 2002 and (d) EZE September 04, 2001.
 The arrows in orange denotes location of tropopauses from radiosonde, while in purple
 corresponds to GPS; both defined by the temperature lapse rate criterion**

Distribución Espacial de los Recursos Vegetales en la Laguna Llanquanelo Malargüe – Mendoza: sus Implicancias para el Poblamiento Humano del Área

Carina Llano

Departamento de Antropología
Museo de Historia Natural de San Rafael

Introducción

El estudio de los macrorrestos de plantas provenientes de contextos arqueológicos ha intentado avanzar en la reconstrucción de la subsistencia de las poblaciones humanas [1]. Los problemas asociados a la subsistencia están relacionados al ambiente natural donde éstas han vivido [2]. Para ello, es necesario entender cómo están distribuidos los recursos, ya que el modo en que se encuentran en el ambiente influye en las estrategias de aprovechamiento de los mismos por parte de los grupos humanos [3]. El conocimiento de la distribución, disponibilidad y acceso a los recursos actuales proporciona un punto de partida para discutir cual podría haber sido el escenario que enfrentaron las poblaciones que habitaron el área y de este modo modelar posibles estrategias humanas para su explotación [4]. En este sentido, el presente trabajo aporta los resultados de los relevamientos florísticos llevados a cabo en la Reserva Provincial Laguna Llanquanelo, con el objetivo de relacionar desde una perspectiva biogeográfica la distribución de los recursos y sus potencialidades en relación al uso humano de los espacios. Finalmente, se intenta abordar el uso de la laguna y las áreas que la rodean, por parte de las poblaciones humanas prehispánicas de Mendoza.

Descripción del Ambiente

La Laguna Llanquanelo localizada 35° 39' LS y 69° 09' LO, a 1340 msnm esta incluida en la lista internacional de humedales como laguna salina de altura en ambiente semidesértico [5], la cual se encuentra inmersa dentro de la Provincia Fitogeográfica de La Payunia [6] (Figura 1). Entre las fuentes de información sobre la composición florística se encuentran los trabajos realizados por [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Según varios autores, en esta área convergen tres provincias fitogeográficas: Patagonia, Monte y Altoandina. La provincia fitogeográfica Patagónica esta compuesta por cojines de Verbenaceae, Asteraceae y Apiaceae. El Monte esta constituido por matorrales de *Larrea*, que aparece empobrecido en los sectores más bajos (< 1450 msnm) y en los faldeos de los volcanes, mientras que la provincia Altoandina aparece en las cumbres de los volcanes y en el cordón andino hacia el oeste [12]. Hacia el suroeste, se produce la transición entre la provincia del Monte y la provincia Patagónica [9, 11]. Geomorfológicamente corresponde a una región de características patagónicas extra-andinas con un relieve donde predominan mesetas escalonadas originadas por depósitos de coladas basálticas [16]. Las unidades de vegetación están representadas por plantas higrófilas (húmeda), halófilas (salina), psamófilas (arenosa) y volcánica [5].

Metodología

Los caracteres estructurales, composición florística y fisonomías, se obtuvieron de censos fitosociológicos en áreas determinadas y relevamientos florísticos en transectas (Figura 1). Las transectas se realizaron en unidades de 100 m según la cobertura y la heterogeneidad florística, mientras que los censos de vegetación se efectuaron en áreas fisiográficamente homogéneas, teniendo en cuenta la topografía y las condiciones edáficas. Para la determinación de las unidades se siguió el método florístico de Bran-Blanquet [17]. La Abundancia-Dominancia de especies se obtuvo estimando visualmente la cobertura de la vegetación total en parcelas de 10 m. La cobertura de las especies se estimó con base en la siguiente escala de abundancia-dominancia:

+ Individuos raros de recubrimiento muy débil

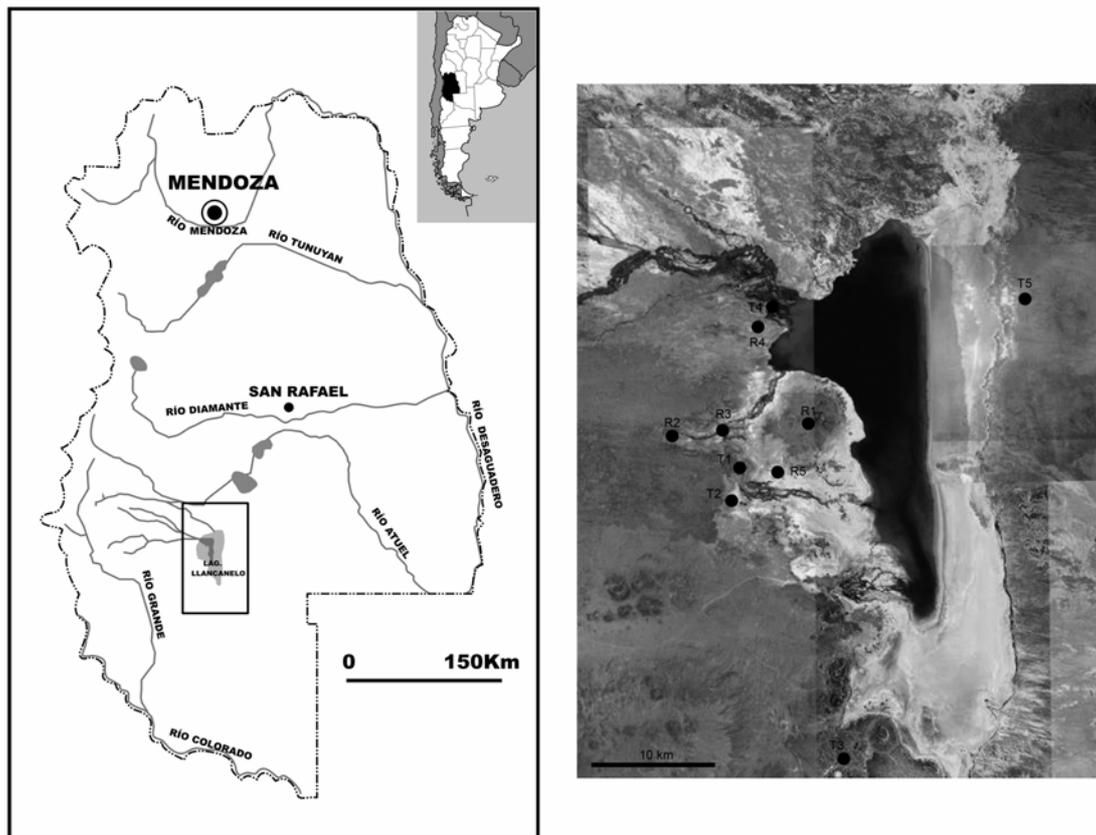


Figura 1 – Área de estudio. Laguna Llacanelo, imagen satelital extraída de Google Earth

- 1 Individuos abundantes pero de recubrimiento débil
- 2 Individuos abundantes o no, que cubren menos de $\frac{1}{4}$ de la superficie
- 3 Idem, que cubren menos de $\frac{1}{2}$ de la superficie
- 4 Idem, que cubren menos de $\frac{3}{4}$ de la superficie
- 5 Idem, que cubren más de $\frac{3}{4}$ de la superficie

Para la denominación de cada taxón se siguió el Catalogo de Plantas Vasculares de la Republica Argentina [18].

Resultados preliminares del análisis

El análisis de los datos se presenta aquí en forma de listas florísticas de las transectas (1-2-3- 4-5) y de los relevamientos (1-2-3-4-5) en áreas determinadas. Estas listas incluyen a los pastizales patagónicos, matorrales del Monte y las comunidades de suelos salinos y de vegetación saxícola. El relevamiento 1 y la transecta 3 corresponden a la unidad de vegetación volcánica. Los relevamientos 2, 3 y 5 así como las transectas 1 y 2 corresponden a la unidad de vegetación halófila – psomófila. El relevamiento 4 y la transecta 4 corresponden a la unidad de vegetación higrófila. La transecta 5 corresponde al área que forma parte del piso de la laguna (Tabla 1).

En las transectas 1 y 2 la vegetación se presenta como un pastizal bajo, representado por *Atriplex lampa*, *Sarcocornia perennis*, *Fabiana denudata* y *Stipa* sp. En la transecta 3 la vegetación se presenta como matorrales del Monte, caracterizado por *Larrea divaricata*, *Ephedra ochreatea*, *Chuquiraga erinacea*, *Schinus polygamus*, *Sporobolus rigens* y *Rhodophiala mendocina*. En las transectas 4 y 5 se ubica la vegetación halófila, representada por *Sarcocornia perennis* y *Suaeda divaricata*. Los relevamientos 1, 2, y 3 se caracterizan por una heterogeneidad florística relacionada a la topografía, en donde predominan elementos del Monte y el estrato herbáceo está representado por vegetación psamófila, con dominancia de

	Familia	Taxón	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	R.1	R.2	R.3	R.4	R.5
Gymnospermae	Ephedraceae	<i>Ephedra ochreatea</i>	-	-	2	-	-	3	2	-	-	-
Angiospermae/ Monocotyledoneae	Amaryllidaceae	<i>Rhodophiala mendocina</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	4	-
		<i>Cortadeira ridiuscula</i>	2	3	-	-	+	-	-	-	-	-
	Poaceae	<i>Sporobolus rigens</i>	-	1	1	-	1	-	-	-	2	-
		<i>Stipa sp.</i>	1	1	-	-	+	1	-	-	-	-
	Typhaceae	<i>Thypha dominguensis</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-
Angiospermae/ Dicotyledoneae	Anacardiaceae	<i>Schinus polygamus</i>	-	-	1	-	-	2	1	-	-	-
	Apiaceae	<i>Mulinum spinosum</i>	-	-	-	-	-	3	-	+	-	-
		<i>Chuquiraga erinacea</i>	+	-	3	-	+	4	3	3	+	-
		<i>Grindelia chilensis</i>	+	+	1	-	-	1	1	-	-	-
		<i>Hyalis argentea</i>	1	1	+	-	-	1	-	1	-	1
	Asteraceae	<i>Proustia cuneifolia</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
		<i>Seneciosp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	+	1
		<i>Tagetes mendocina</i>	-	-	-	-	-	2	+	1	-	1
	Berberidaceae	<i>Berberis grevillana</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	+
		<i>Denmonza rhodancantha</i>	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-
	Cactaceae	<i>Maihuenia patagonica</i>	-	-	-	-	-	1	-	+	-	-
		<i>Opuntia sp.</i>	-	-	-	-	-	2	-	+	-	+
		<i>Pyrrhocactus sp.</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
		<i>Atriplex lampa</i>	2	2	+	2	2	2	-	2	2	-
	Chenopodiaceae	<i>Heterostachys ritteriana</i>	-	-	-	3	3	-	-	-	3	1
		<i>Sarcocornia perennis</i>	-	-	-	2	4	-	-	+	-	2
		<i>Suaeda divaricata</i>	2	1	-	2	2	-	-	2	1	1
		<i>Anarthrophyllum rigidum</i>	1	+	-	-	-	-	1	2	-	1
		<i>Astragalus pehuenches</i>	+	-	-	-	-	2	+	1	-	1
		<i>Hoffmannseggia glauca</i>	1	+	1	-	-	3	1	2	-	2
	Fabaceae	<i>Prosopidastrum globosum</i>	-	-	-	-	-	1	+	+	-	1
		<i>Prosopissp.</i>	1	1	+	-	-	2	+	-	-	-
		<i>Senna aphylla</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
		<i>Senna arnottiana</i>	-	-	+	-	-	1	-	-	-	-
	Malvaceae	<i>Lecanophora sp.</i>	+	-	-	-	-	-	+	1	-	-
	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spinosa</i>	1	-	-	-	-	3	-	+	-	-
	Polygalaceae	<i>Bredemeyera microphilla</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	Rosaceae	<i>Tetraglochim alatum</i>	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-
	Solanaceae	<i>Fabiana denudata</i>	2	2	2	-	+	3	1	2	+	-
		<i>Lycium chilense</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
		<i>Acantholippia seriphioides</i>	-	-	+	-	-	2	1	-	-	-
	Verbenaceae	<i>Junellia seriphioides</i>	-	-	2	-	-	3	2	-	+	-
		<i>Neosparton aphyllum</i>	-	-	1	-	-	2	1	+	-	-
	Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i>	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-
		<i>Larrea nitida</i>	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-

Tabla 1. Lista de especies vegetales relevadas en el área de estudio

especies de diferentes corología, entre ellas las mas conspicuas son *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata*, *Acantholippia seriphioides*, *Junellia seriphioides*, entre otras. En los relevamientos 4 y 5 se destaca la baja diversidad específica asociada a las condiciones de la cuenca, representada por plantas como *Heterostachys ritteriana* y *Sarcocornia perennis*.

Discusión

La información proveniente de los trabajos de campo brinda un primer acercamiento sobre los recursos disponibles, la distribución de los mismos y la variabilidad ambiental en el área de la laguna Llanquanelo. El área de estudio posee paisajes únicos dentro del conjunto de otros espacios áridos de Mendoza, lo que se ve potenciado por la presencia de áreas volcánicas con caracteres propios que se reflejan en la conformación vegetal. Los trabajos realizados por diferentes investigadores, proponen para la Provincia fitogeográfica de La Payunia [5, 6, 12, 13,

14, 15], una mayor diversidad de especies y endemismos, con patrones de vegetación mixta de Monte y Patagonia, mientras que en los alrededores de la Laguna se destaca una baja diversidad específica asociada a la alta salinidad de los suelos, el drenaje deficiente y áreas frecuentemente inundables.

Actualmente en el área se están desarrollando trabajos para comprender aspectos del poblamiento y colonización prehispánica de la región. Estos incluyen trabajos arqueológicos, tafonómicos y paleoambientales, los cuales permitirán, junto a los estudios botánicos y arqueobotánicos, generar ideas sobre el uso humano de la laguna Llancanelo [19, 20].

Independientemente del resto de los recursos (agua, líticos, animales, etc.) dada la distribución actual de las comunidades vegetales en la región, cabría postular a modo de hipótesis que los sitios arqueológicos se localicen en aquellos parches donde hay una mayor diversidad de especies útiles para las poblaciones humanas. En base a las observaciones llevadas a cabo en el área, los parches con mayor diversidad específica y de los cuales cabría esperar que las poblaciones puedan sustentarse se ubican en los relevamientos 1, 2 y 3, es decir en el sector centro-oeste de la laguna. Las plantas potencialmente útiles y de las que se registra uso etnográfico presentes en los relevamientos son *Prosopis* spp. *Schinus polygamus*, *Sporobolus rigens*, *Maihuenia patagonica*, *Ephedra ochreatea*, *Lycium chilense*, entre otras [21, 22, 23]. No obstante, no pueden ser descartadas *a priori* las áreas de baja diversidad dado que los recursos vegetales, ya sean utilizados como fuente de alimentos, medicamentos, textiles o leña, constituyen las materias primas de la subsistencia de los grupos humanos. A partir de la identificación de las especies halladas en los sitios arqueológicos, la vinculación entre los macrorrestos vegetales y la selección cultural, aportarán información sobre el conocimiento botánico tradicional y su evolución a lo largo del tiempo en los alrededores de la laguna.

Conclusiones

El análisis arqueobotánico de semillas y frutos provenientes de contextos arqueológicos permite la recuperación e identificación de especies silvestres cuya utilización es compleja de ser atribuible en su totalidad a las poblaciones humanas pasadas [24, 25]. Es necesario identificar las plantas que han sido recolectadas y cuál fue la razón de su selección, basadas en las propiedades conocidas desde la etnobotánica y fuentes históricas [26, 27, 28].

De lo anteriormente expuesto, es fundamental avanzar en el conocimiento de la vegetación y la distribución espacial de los recursos, como así también en la localización de los sitios arqueológicos y los procesos tafonómicos que actúan sobre la depositación del material. Esto posibilitará para la región una mejor comprensión de los problemas que debieron enfrentar las poblaciones humanas, y los procesos que afectan la formación del registro arqueológico.

La evidencia hallada en los sitios arqueológicos del área, muestran la presencia de plantas silvestres autóctonas, tales como *Schinus polygamus*, *Prosopis* spp., *Atriplex lampa*, *Chenopodium* spp., entre otras, las cuales se corresponden con la vegetación actual hallada en las inmediaciones de los sitios. La presencia de las mismas en el registro arqueológico brinda información sobre los sistemas de subsistencia basados en la recolección. No obstante, el salto entre la evidencia material y la interpretación de los macrorestos no es fácil de efectuar, dado que interrogantes tales como qué plantas comían las poblaciones de cazadores-recolectores, cuánto y con qué frecuencia, deben ser respondidos desde la aplicación de estudios actuales [29, 30].

Finalmente, el uso de la información etnobotánica en escalas regionales amplias, permite desde una perspectiva biogeográfica generar expectativas del uso humano del espacio, particularmente en áreas de humedales localizadas en ambientes áridos o semiáridos. Su contrastación con el registro arqueológico nos ayudará a comprender aspectos de la toma de decisiones de las sociedades de cazadores-recolectores.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Gustavo Neme por la lectura y corrección del manuscrito original. Al Dr. Adolfo Gil por la invitación a participar en el Tercer Encuentro de ICES. A los evaluador(es) por las sugerencias y comentarios que permitieron enriquecer el trabajo.

Referencias

- [1] Behre, K. & Jacomet, S. 1991. The Ecological Interpretation of Archaeological data. Van Zeist, Wasylikowa & Behre (eds) *Progress in Old World Palaeoethnobotany*. Balkema, Rotterdam
- [2] Jochim, M. 1981. *Strategies for Survival. Cultural Behavior in an Ecological Context*. Academic Press.
- [3] Binford, L. 1979. Organization and formation processes: looking at curated technologies. *Journal of Anthropological Research* 35: 255-273.
- [4] Borrero, L. 1999. The Prehistoric Exploration and Colonization of Fuego-Patagonia. *Journal of World Prehistory* 13: 321-355.
- [5] Méndez, E. 2003. Plantas Vasculares de la Reserva Provincial Laguna de Llanquihue (Mendoza-Argentina). *Candollea* 58 (2) 501-513
- [6] Martínez Carretero, E. 2004. La Provincia Fitogeográfica de La Payunia. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 39 (3-4):195-226
- [7] Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 14: 1-42.
- [8] Cabrera, A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, II (1) Ed Acme. Buenos Aires.
- [9] Ruiz Leal, A. 1972. Los confines boreal y austral de las provincias Patagónica y Central respectivamente. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 13: 89-118.
- [10] Roig, F. A. 1998. La vegetación de la Patagonia. En: Correa, M. (ed.) *Flora Patagónica. Colección Científica* 8: 48-166. I.N.T.A., Buenos Aires.
- [11] Roig, F. A., E. Martínez Carretero & E. Méndez. 2000. Mapa de vegetación de la Provincia de Mendoza. En: Abraham, E. M. & F. Rodríguez Martínez (eds.) *Argentina Recursos y problemas ambientales de la zona árida. Primera parte, Tomo II, Atlas básico. Programa de Cooperación para la Investigación, Junta de Gobierno de Andalucía - Universidades y Centros de Investigación de la Región Andina Argentina*.
- [12] Martínez Carretero, E. 2001. Esquema Sintaxonómico de la Vegetación de Regiones Salinas de Argentina. *Multequina* 10:67-74
- [13] Martínez Carretero, E. 2006. Reserva Natural y Provincia Fitogeográfica. En: *Arqueología y Ambiente de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Mendoza*. Editado por: Víctor Durán y Valeria Cortegoso. Pp 217-235. *Anales de Arqueología y Etnología*.
- [14] Páez, M. Quintana, F. Pérez, C. 2004. Biogeografía de las Regiones Áridas y Semiáridas entre los 35°-39°S, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 39 (3-4):171-180
- [15] Quintana, F. A. 2002. Patrones de distribución de las comunidades vegetales en las estepas arbustivas semiáridas de La Payenia. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP.
- [16] Holmberg, E. 1964. Descripción geológica de la hoja 33d, Auca Mahuida Provincia de Neuquén. Min. Econ., Sec. Est. Rec. Nat. Y Amb. Hum. Subset. Minería.
- [17] Braun-blanchet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume, Madrid.
- [18] Zuloaga, F. O. & Morrone, O. 1999. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina II. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 74
- [19] Neme, G., V. Durán, V. Cortegoso, S. Dieguez, M. Giardina, C. De Francesco, C. Llano, A. Guerci y A. Gil 2006. A paleoecological approach to the archaeology of southern Mendoza. *Proceeding ICES (International Center of Earth Science)*, pp 27-36. 2006
- [20] Gil, A; G. Neme; V. Durán; M. Giardina; P. Novellino; L. De Santis; D. Miguelissi. 2007. Exploraciones arqueológicas en la Laguna Llanquihue (Mendoza, Argentina). En: *Arqueología de Fuego y Patagonia*. Ediciones CEQUA.
- [21] Gade, D. 1975. *Plants, Man and the Land in the Vilcanota Valley of Peru*. Dr. W. Junk B.V. publishers, The Hague.
- [22] Hernández, A. 2002. Paleoetnobotánica en el Sur de Mendoza. En: Adolfo Gil y Gustavo Neme (Eds) *Entre Montañas y Desiertos Arqueología del sur de Mendoza*; pp. 157-180. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires.
- [23] Ladio, A. 2002. Las plantas comestibles en el noroeste patagónico y su utilización por las poblaciones humanas: una aproximación cuantitativa. Tesis de Doctorado en Biología. 271 pp. Universidad Nacional del Comahue
- [24] Bouby, L. 2005. Identifying prehistoric collected wild plants: a case study from a late bronze age site in the french alps (gre´ sine, bourget lake, savoie). *Economic Botany* 59(3):255-267

- [25] Minnis, P. 1981 Seeds in Archaeological sites: sources and some interpretive problems. *American Antiquity* 46:143-152.
- [26] Popper, V. & C. Hastorf. 1988. Introduction. En: Christine Hastorf y Virginia Popper (eds.). *Current Paleoethnobotany Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*. The University of Chicago Press, Chicago.
- [27] Pearsall, D. 1989. *Paleoethnobotany. A Handbook of Procedures*. Academic Press, Inc. San Diego.
- [28] Wohlgemuth, E. 1996. Resource Intensification in Prehistoric Central California: Evidence from Archaeobotanical Data. *Journal of California and Great Basin Anthropology* 18:81-103.
- [29] Rapoport, E.; Ladio, A.; Raffaele, E.; Ghermandi, L.; Sanz, E. 1998. Malezas Comestibles. Hay yuyos y yuyos. *Ciencia Hoy* 9:49
- [30] Pérez de Micou, C. 1999. La recolección vegetal y la paleoetnobotánica en Patagonia y Puna. En: C., Aschero, M., Korstanje, P., Vuoto (Eds.) *Los Tres Reinos: Prácticas de Recolección*; pp. 121-128. Universidad Nacional de Tucumán.

The North-Western Boundaries of the Caribbean and Scotia Arcs: Structural and Tectonic Analogies

E. Lodolo*
M. Menichetti**
A. Tassone***
G. Giunta****

*Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste, Italy

**Istituto di Geodinamica e Sedimentologia, Università di Urbino, Italy

***Instituto de Geofisica "Daniel Valencio", Universidad de Buenos Aires, Argentina

****Dipartimento di Geologia, Università di Palermo, Italy

Introduction

The Caribbean and Scotia Arcs represent two of the most striking features of our planet, because immediately recognizable in any geographic map (Figure 1). They are respectively located between North and South America, and South America and Antarctica, joining the North American Cordillera to the Andes, and the Andes to the Antarctic Peninsula orogenic belt. The two Arcs are nearly identical in size, and present impressive morphological and structural analogies, mostly occurring along their plate boundaries. The Caribbean Arc differs from the Scotia Arc with the presence of the Central American land bridge. Their tectonic evolution can be related to the relative motion between the two pairs of land masses, which strongly conditioned the morphology and structure of their margins both superficially and at shallow and deep levels.

In the last ten years, a series of field geological and geophysical campaigns have been performed by a group of Italian and Argentinean researchers along the western segments of both the North America-Caribbean (Polo-chic-Motagua transform system) and South America-Scotia plate boundaries (Magallanes-Fagnano transform system), in order to delineate their main morphological and structural characteristics, and analyze the tectonic mechanisms which conditioned their development through the geological time.

Here we describe the principal features of both the Polo-chic-Motagua transform system, which traverses broadly E-W Guatemala, and the Magallanes-Fagnano transform system, which runs across the Tierra del Fuego Island, highlighting the most important geological and geophysical analogies associated to these two tectonic lineaments.

Motagua-Polo-chic transform system

The left-lateral Polo-chic-Motagua transform system runs from the Caribbean Sea to the Pacific Ocean, traversing the Guatemala and southern Mexico, and terminating against the Middle America Trench (Figure 2), describing as a whole a broad arc. The system represents the western segment of the North American-Caribbean plate boundary, and is constituted by two major, broadly E-W-trending lineaments known as Polo-chic and Motagua fault systems [1, 2, 3, 4, 5]. These tectonic lineaments are located, for most of their length, along river valleys bordered by elongated and steep mountain chains, and are superimposed to the Motagua Suture Zone, an assemblage of ultramafic rocks and highly deformed ophiolitic complexes outcropping along several segments of the faults, and developed since the Late Cretaceous-Early Tertiary by closure of a proto-Caribbean Jurassic-Cretaceous ocean, intraoceanic subduction, arc development, and arc-continent collision [6, 7]. This part of the North American-Caribbean plate boundary presents clear geomorphologic expression, particularly in the eastern part of Guatemala, as observable from both satellite-derived images and aerial photos, and in the recently unclassified terrain digital elevation models (Shuttle Radar Topographic Mission data). The parallel faults constituting the plate boundary juxtapose the Late Paleozoic Chortis and Maya continental blocks [8, 3, 9, 10].

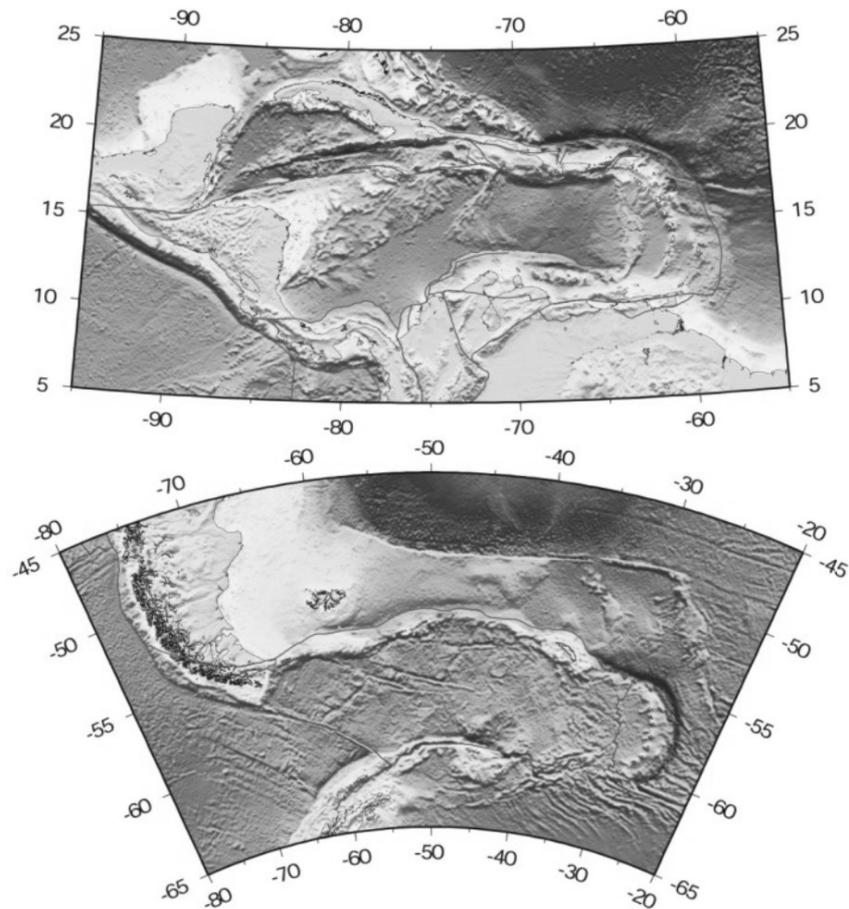


Figure 1. General morphostructural map of the Caribbean (top) and Scotia (bottom) Arcs, with their tectonic boundaries

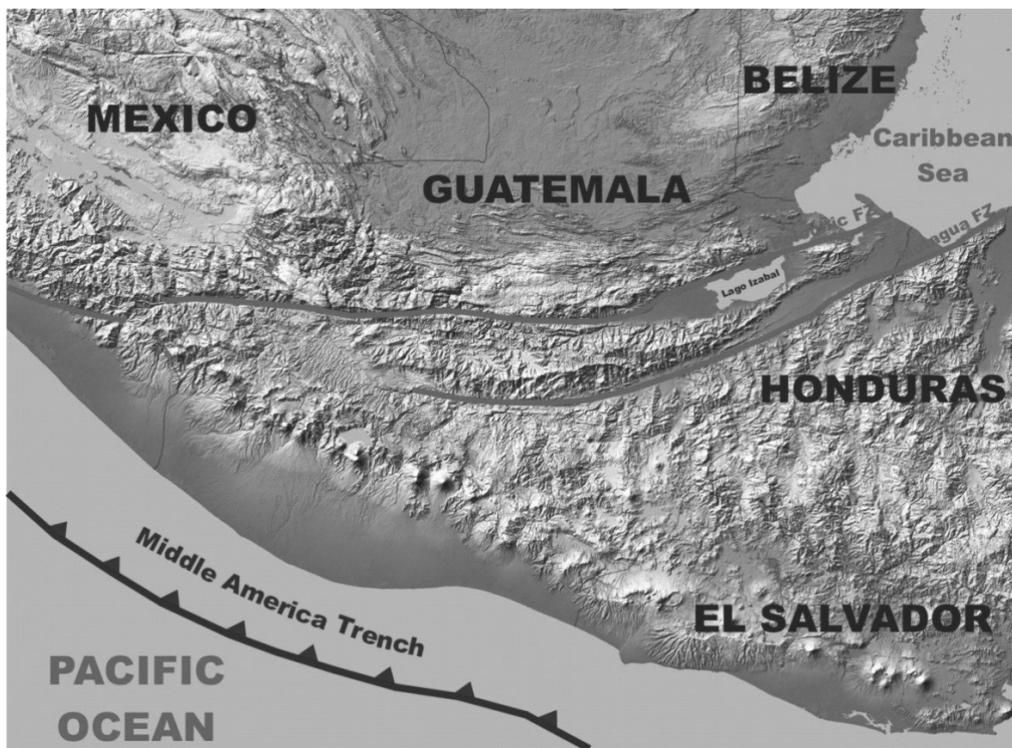


Figure 2. Digital Terrain Model of Guatemala and surrounding region, with the location of the Polochic-Motagua transform system

The Polochic fault is partially hidden by the 60-km-long, 40-km-wide Lago Izabal, a pull-apart basin developed within the principal displacement zone of the fault system, while the Motagua fault, located to the south, lies along a wide and elongated river valley running parallel to the Guatemala-Honduras eastern border. Commercial seismic reflection profiles acquired in the Lago Izabal have imaged the geometry and setting of the sedimentary wedge, which is highly asymmetric in shape and at least 3-km-thick in the deepest part of the basin (Figure 3). Stratigraphic correlation with available oil wells has shown that the sequence filling the basin is not older than Middle Miocene, dipping to N-W and with a progradational pattern progressively shifting from N-E to S-W [11]. The structural framework of the basin, its peculiar asymmetry, and the presence of several positive flower structures, clearly indicate a tectonic combination of strike-slip horizontal motion and transform-normal extension for its development. This tectonic genesis was kinematically linked with the progressive offset of the Polochic fault system in a transtensional stress regime. A simplified geological section, crossing broadly N-S the whole Motagua suture zone and the transform system, integrated with available seismic data and modelled gravity measurements, summarizes the main geometry of the tectonic lineaments and the deep structure of the associated basins [12].

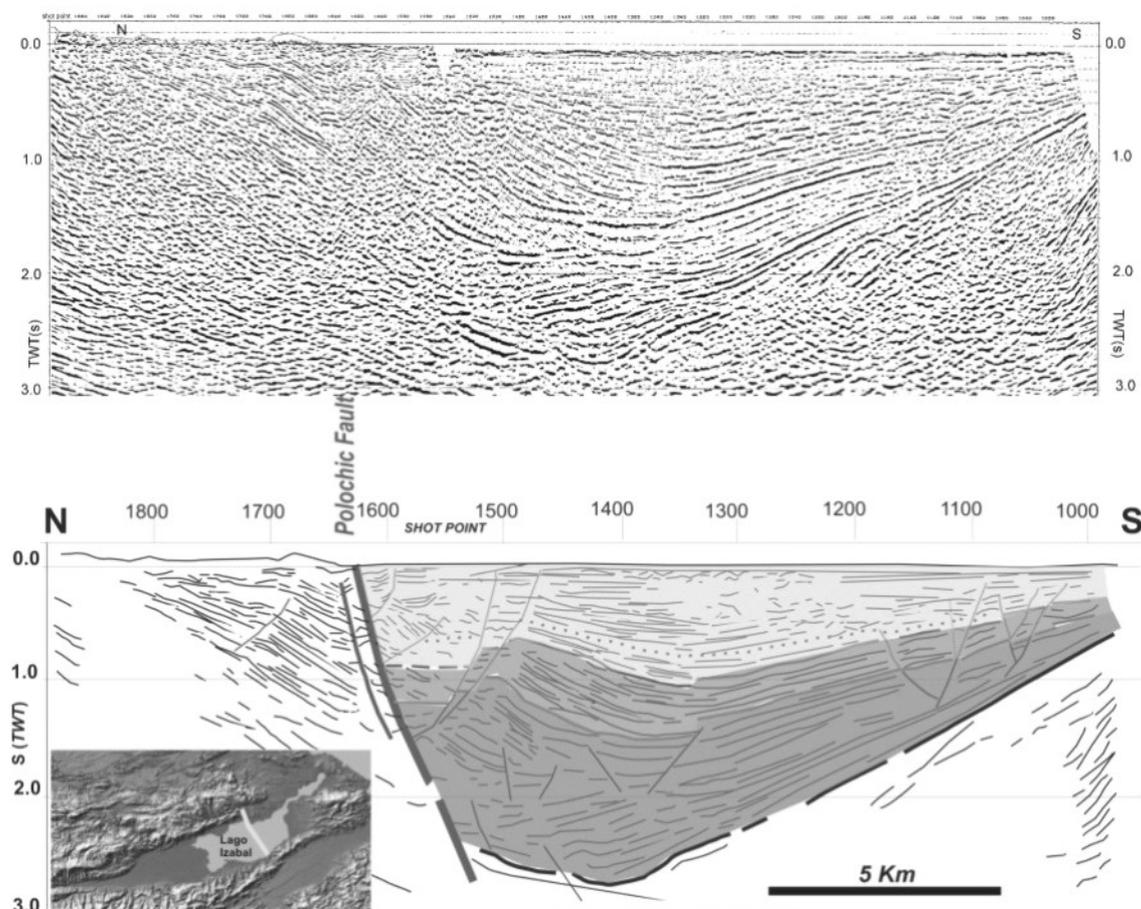


Figure 3. Example of a seismic profile crossing the Lago Izabal, the most important pull-apart basin formed along the transform system, and showing the peculiar asymmetry of the sedimentary cover

The magnitude of the horizontal displacement along the Polochic and Motagua faults is still unconstrained, and different authors report values from tens to hundred of kilometers [3, 4, 1]. Most of the earthquakes in the Central America region are located off the Pacific coast of Guatemala along the Middle America Trench, where the oceanic Cocos plate is subducting underneath the Central American continental crust. However, destructive historical earthquakes, with moment magnitude >7 , have occurred in the last century also in the central and eastern part of the country, where the active North American-Caribbean strike-slip boundary runs. The bulk displacement along this plate boundary, calculated on the basis of spreading rates in the Cayman Trough, is more than 1000 km [13], with an average displacement rate of about 20 mm/yr over the last 10 Ma. This total horizontal offset is partitioned along the different segments

comprising the Polochic-Motagua transform system. GPS-based geodetic measurements have shown that the present-day westward slip of the Maya Block is of 18.5 mm/yr, with an extensional component of 4.8 mm/yr [14, 15].

Magallanes-Fagnano Transform System

The left-lateral Magallanes-Fagnano transform system is a 600-km-long tectonic lineament that traverses broadly E-W the Tierra del Fuego region. This system, which runs from the Pacific entrance of the Magallanes Strait to the Atlantic offshore, present an evident curved shape, and substantially splits the Tierra del Fuego Island into two continental blocks (Figure 4). Along part of the transform, metamorphic and volcanoclastic formations of the Mesozoic Rocas Verdes marginal basins [16], outcrop. The lineament terminates westwards against the southern Chile Trench, while eastwards it dies out in an array of faults morphologically aligned with a depression bordering the northern flank of the North Scotia Ridge in the Scotia Sea. Numerous physiographic expressions associated to this fault system, such as the widespread evidence of recent tectonic activity along the fault zone, its long length, and its alignment with the northern margin of the Scotia Sea, have suggested that this fault forms a principal segment of the present-day South America-Scotia plate boundary [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

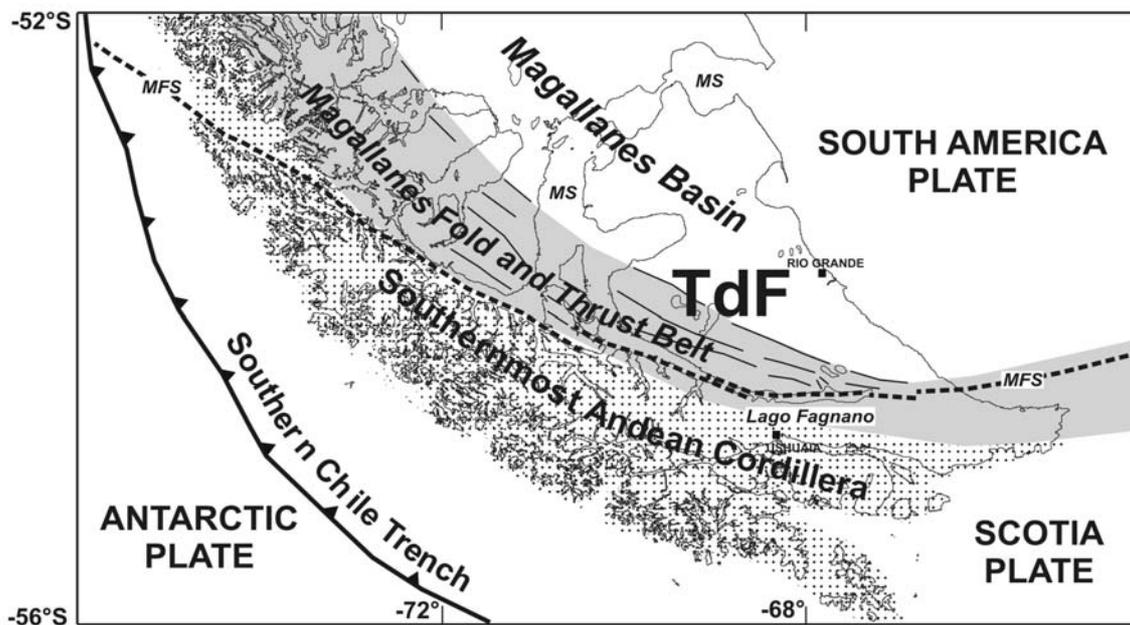


Figure 4. Simplified tectonic map of the southernmost South America and Tierra del Fuego, showing the curved trend of the Magallanes-Fagnano transform system (MFS). TdF: Tierra del Fuego Island; MS: Magallanes Strait

The Magallanes-Fagnano system is arranged in an en-echelon geometry, and is composed of distinct tectonic lineaments that are segments of the transform system and represented by mostly near-vertical faults, with polarities that change along the strike of the fault. These segments are often located within river valleys and are generally associated to localized gravity minima. Prominent asymmetric basins were developed along the fault system both onshore and offshore. Onshore, the most important basin is the Lago Fagnano, a 105-km-long, E-W-trending depression located in the central part of the Tierra del Fuego. It is a large, mostly asymmetric pull-apart basin developed within the principal displacement zone of the system. The bathymetric profiles acquired in the last years have delineated its main morphological features [24], and high-resolution seismic profiles have imaged the shallow geometry of the glacio-lacustrine deposits of the basin [25]. The floor is divided into distinct parts, which suggests that the basin is composed of diverse sub-basins. In most parts, the basin floor is highly asymmetric in shape, with flat depocentral areas. The most pronounced asymmetry of the basin is seen in the eastern end of the lake where there is also the deepest depression (maximum water depth of 206 m). Seismic data acquired across the pull-apart basins associated to the transform

system show that their sedimentary covers are highly asymmetric: the sense of the asymmetry is toward the side where a strand of the transform is located and where strike-slip motion takes place (Figure 5). This sedimentary architecture, in which the thick end of the depositional wedge abuts the transform segment, suggest simultaneous strike-slip motion and transform-normal extension, a common feature found in continental transtensional environments [26].

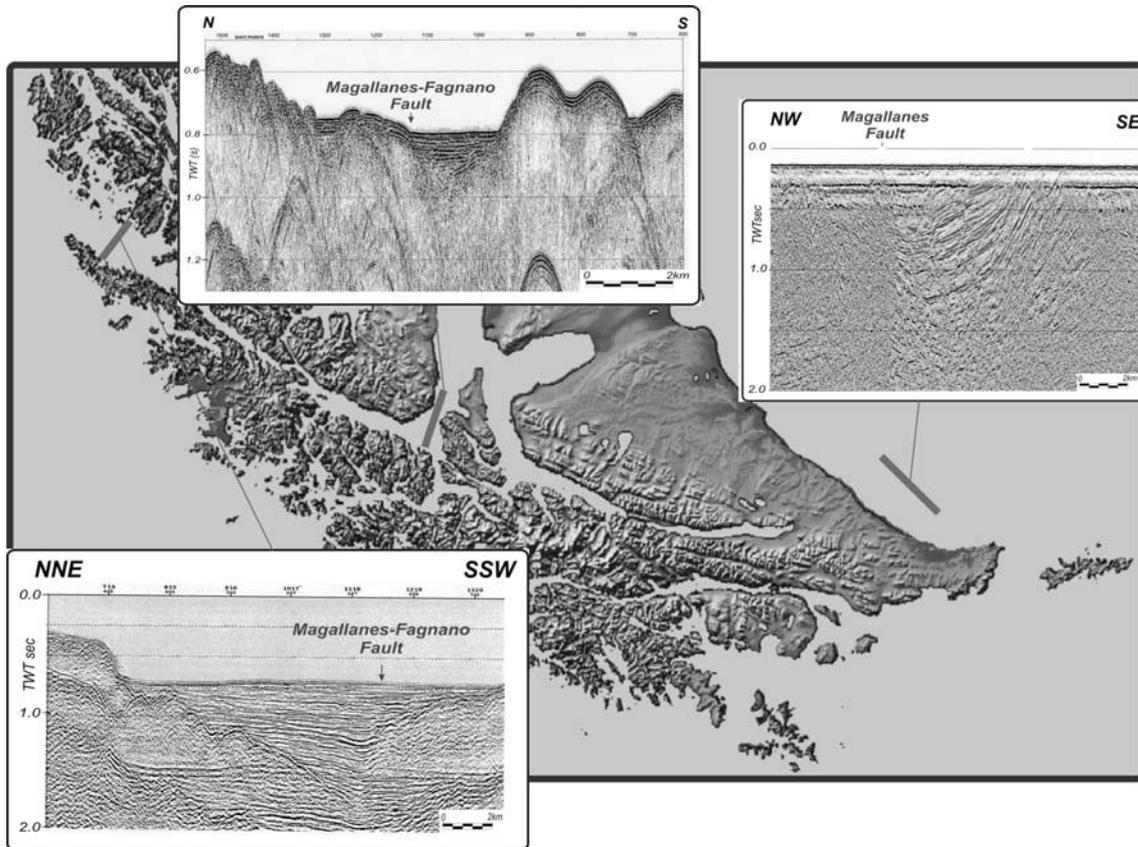


Figure 5. Examples of three seismic profiles acquired across the pull-apart basins formed along the principal deformation zone of the transform system from the Atlantic offshore to the Pacific entrance of the Magallanes Strait (thick segments indicate the location of the profiles). Data show the remarkable asymmetry of the depositional cover of the basins, indicating simultaneous strike-slip motion and transform-normal extension

The present-day seismicity in the Tierra del Fuego region is very low, with individual events <3.5 in magnitude [27]. However, historical seismicity is significant, with events >7.1 in magnitude occurred in February 1879 and December 1949 [28]. The present-day relative velocity between the South America and Scotia plates along the Magallanes-Fagnano fault system is slow (<5 mm/yr), as documented by reoccupation of GPS stations located in both the South America and Scotia sides of the fault system in the Tierra del Fuego region [29]. Possibly, slip partitioning along the different segments which make up the fault array and along the subsidiary, broadly E-W-trending lineaments that traverse the Tierra del Fuego region, may account for this slow motion. If this rate of motion is extrapolated back in time (imposing a constant relative plate velocity between the two plates) to about 8 Ma, which corresponds to the most prominent reorganization of the Scotia Arc region and cessation of sea-floor spreading in the western part of the Scotia Sea [30, 31] up to 40 km of offset across the South America-Scotia plate boundary could have been produced. This order of magnitude is consistent with field observations and kinematic analyses of fault populations conducted along the MFS near Monte Hope [32] and supporting interpretations [33] in the area of the central Magallanes Strait, where accumulation of displacements is on the order of tens of kilometers.

Concluding Remarks

The brief description of the north-western margins of the Caribbean and Scotia Arcs here presented has shown that there are several common geological features which characterize the two segments of the plate boundaries. These common features may be summarized as follow:

- left-lateral sense of motion
- gently curved trend
- presence of a subduction trench in their western termination
- presence of metamorphic and ultramafic rock assemblages along part of the transform systems
- formation of large and elongated basins within the principal displacement zone of the faults
- highly asymmetric geometric configuration of the basin sedimentary fill

Those analogies may suggest a common tectonic mechanism responsible for the development of both the transform systems, and possibly for the entire regions of the Caribbean and Scotia Arcs. Their evolutions may be viewed in terms of a possible 'mantle return flow' from the Pacific Ocean basin to the Atlantic Ocean basin. This is only a working hypothesis, that needs further and more focused geological and geophysical investigations.

References

- [1] Schwartz, D.P., Cluff, L.S., and Donnelly, T.W. (1979). Quaternary faulting along the Caribbean-North American plate boundary in Central America. *Tectonophysics*, 52, 431-445.
- [2] Erdlac, R.J. and Anderson, T.H. (1982). The Chixoy-Polochic fault and its associated fractures in western Guatemala. *Geol. Soc. of Am. Bulletin*, 93, 57-67.
- [3] Burkart, B. (1978). Offset across the Polochic fault of Guatemala and Chiapas, Mexico. *Geology*, 6, 328-332.
- [4] Burkart, B. (1983). Neogene North-American-Caribbean plate boundary across northern Central America: offset along the Polochic fault. *Tectonophysics*, 99, 251-270.
- [5] Menichetti, M. and Lodolo, E. (2005). The Motagua-Polochic transform fault systems and their related structures in eastern Guatemala. *Rend. Soc. Geol. Italiana*, vol. 1, 132-133 ISSN: 0392-3037.
- [6] Beccaluva, L., Belli, S., Coltorti, M., Dengo, G., Giunta, G., Mendez, J., Romero, J., Rotolo, S. and Siena, F. (1995). The northwestern border of the Caribbean Plate in Guatemala: new geological and petrological data on the Motagua ophiolitic belt. *Ophioliti*, 20, 1, 1-15.
- [7] Giunta, G., Beccaluva, L. and Siena, F. (2006). Caribbean Plate margin evolution: constraints and current problems. *Geologica Acta*, 4 (1 and 2), 265-277.
- [8] Dengo, G. and Bohnenberger O. (1969). Structural development of northern Central America. *Am. Ass. Petr. Geol. Mem.*, 11, 203-220.
- [9] Case, J.H. and Holcombe, T.L. (1980). Geologic-tectonic map of the Caribbean. Scale 1:2,500,000. U.S. Geol. Surv. *Miscell. Invest. Ser. Map I/1100*.
- [10] Donnelly, T.W., Horne, G.S., Finch, R.C., and Lopez Ramos, E. (1990). Northern Central America: the Maya and Chortis blocks: in Dengo, G. and Case, J.E. (eds.): *The Geology of North America, Volume H. The Caribbean Region*, 37- 76. Geological Society of America, Boulder.
- [11] Bartole, R., Morelli, D., Tomasi, L., Lodolo, E., Menichetti, M. and Cuppari, A. (2007). Sismostratigrafia ed evoluzione strutturale del bacino del Lago de Izabal (Guatemala orientale). *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 141-144.
- [12] Menichetti, M., Lodolo, E., Giunta, G., Rosenfeld, J., Ordoñez, F. and Martens, U. The Motagua-Polochic fault systems in eastern Guatemala and their related structures (submitted to *Tectonics*).
- [13] Rosencrantz, E., et al. (1988). Age and spreading history of the Cayman Trough as determined from depth, heat flow, and magnetic anomalies. *J. Geophys. Res.* 93, 2141-2157.
- [14] DeMets, C. (2001). A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central America volcanic arc. *Geophys. Res. Letters*, 28, 21,4043-4046.

- [15] Mann, P., Calais, E., Ruegg, J.-C., DeMets, C., Jansma, P.E. and Mattioli, G. S. (2002). Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics*, 21(6), 1057, doi:10.1029/2001TC001304.
- [16] Dalziel, I.W.D., de Wit, M.J. and Palmer, K.F. (1974). Fossil marginal basin in the Southern Andes. *Nature*, 250, 291-294.
- [17] Fuenzalida, R.H. (1972). Geological correlation between the Patagonian Andes and the Antarctic Peninsula and some tectonic implications, Master Thesis, 75 pp., Stanford Univ, CA.
- [18] Dalziel, I.W.D. (1989). Tectonics of the Scotia Arc, Antarctica, Field Trip Guide, vol. T180, 206 pp., AGU, Washington, DC.
- [19] Lodolo, E., Menichetti, M., Tassone, A., Geletti, R., Sterzai, P., Lippai, H. and Hormaechea, H-L. (2002). Researchers target a continental transform fault in Tierra del Fuego. *EOS*, Trans., AGU, 83, 1-5.
- [20] Lodolo, E., Menichetti, M., Bartole, R., Ben-Avraham, Z., Tassone, A. and Lippai, H. (2003). Magallanes-Fagnano continental transform fault (Tierra del Fuego, southernmost South America), *Tectonics*, 22(6), 1076, doi:10.1029/2003TC001500.
- [21] Menichetti, M., Lodolo, E. and Tassone, A. (2007). Structural geology of the Fuegian Andes and Magallanes fold-and-thrust belt (Tierra del Fuego Island). *Geologica Acta*, Vol. 5 no. 4.
- [22] Tassone, A., Lippai, H., Lodolo, E., Menichetti, M., Comba, A., Hormaechea, J-L. and Vilas, J.F. (2005). A geological and geophysical crustal section across the Magallanes-Fagnano fault in Tierra del Fuego. *Journ. of South American Earth Sciences*, 19, 99-109.
- [23] Menichetti, M., Lodolo, E. and Tassone, A. (2008). Structural geology of the Fuegian Andes and Magallanes fold-and-thrust belt (Tierra del Fuego Island). *Geologica Acta*, 6 (1).
- [24] Lodolo, E., Lippai, H., Tassone, A., Zanolla C., Menichetti, M. and Hormaechea, J.L. (2007). Gravity map of the Isla Grande de Tierra del Fuego, and morphology of Lago Fagnano. *Geologica Acta*, Vol. 5 no. 4.
- [25] Waldmann, N., Ariztegui, D., Anselmetti, F.S., Austin, J.A. Jr., Dunbar, R., Moy, C.M. and Recanes, C. (2008). Seismic stratigraphy of Lago Fagnano sediments (Tierra del Fuego, Argentina) - A potential archive of paleoclimatic change and tectonic activity since the Late Glacial. *Geologica Acta*, 6 (1).
- [26] Ben-Avraham, Z. and Zoback, M.D. (1992). Transform-normal extension and asymmetric basins: an alternative to pull-apart models. *Geology*, 20, 423-426.
- [27] Vuan, A., Cazzaro, R., Costa, G., Russi, M. and Panza, G.F. (1999). S-wave velocity models in the Scotia Sea region, Antarctica, from non-linear inversion of Rayleigh waves dispersion. *Pure and Applied Geophysics*, 154, 121-139.
- [28] Lomnitz, C. (1970). Major earthquakes and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1955, *Geologische Rundschau*, 59, 938-960.
- [29] Del Cogliano, D., Perdomo, R. and Hormaechea, J.-L. (2000). Desplazamiento entre placas tectónicas en Tierra del Fuego, *Actas de la XX Reunión Científica de la AAGG*, Mendoza.
- [30] Barker, P.F. and Burrell, J. (1977). The opening of Drake Passage, *Marine Geology*, 25, 15-34.
- [31] Lodolo, E., Donda, F., and Tassone, A. (2006). Western Scotia Sea margins: Improved constraints on the opening of the Drake Passage, *J. Geophys. Res.*, 111, B06101, doi:10.1029/2006JB004361.
- [32] Klepeis, K.A. (1994). The Magallanes and Deseado fault zones: major segments of the South American-Scotia transform plate boundary in southernmost South America, Tierra del Fuego, *Journ. Geoph. Res.*, 99, 22,001-22,014.
- [33] Winslow, M.A. (1982). The structural evolution of the Magallanes Basin and neotectonics in the southernmost Andes, in: *Antarctic Geoscience* (C. Craddock, Ed.), University of Wisconsin Press, Madison, 143-154.

Los Cinodontes No-Mamaliaformes (Therapsida; Cynodontia) del Triásico Inferior- Medio de la Formación Puesto Viejo, San Rafael, Mendoza

**Agustín G. Martinelli
Marcelo S. de la Fuente**

Departamento de Paleontología. Museo de Historia Natural de San Rafael.
Unidad Asociada CRICyT-CONICET.
Parque Mariano Moreno S/Nº (5600) San Rafael.
Provincia de Mendoza. Argentina.

“Within the scope of the grand history there are mystery stories the ends of which have not yet been read, although we can expect to find that those ends in many if not all cases have been written in the record of the rocks and their contained fossils. It is one of the exciting elements in this history, as it is in any pursuit of human knowledge, that not all is yet known.”
G. G. Simpson (1980)

Introducción

Los cinodontes (Cynodontia) son un grupo monofilético de sinápsidos que incluye numerosas especies fósiles agrupadas en una serie parafilética conocida como cinodontes no-mamaliaformes (tradicionalmente denominados reptiles mamíferoides), e incluye como clado terminal a los mamíferos (Mammalia) [1, 2]. Los cinodontes no-mamaliaformes (en adelante nos referiremos a ellos solo como cinodontes) constituyen uno de los componentes más conspicuos de las faunas de tetrápodos continentales, habiéndolos hallado en todos los continentes, incluso en la Antártida. Los registros más antiguos de cinodontes datan del Pérmico Tardío, aproximadamente 252 millones de años atrás [3], siendo abundantes durante todo el Triásico, luego declinando hasta su extinción en el Cretácico Temprano. Los cinodontes ocuparon múltiples nichos ecológicos, desde formas de gran tamaño, estrictamente carnívoras, hasta animales pequeños, similares a un ratón, de alimentación omnívora, o especies netamente herbívoras con complejas adaptaciones cráneo-dentarias para el tratamiento intraoral de los alimentos. En América del Sur el registro de cinodontes es abundante tanto en número de especies como en ejemplares disponibles, especialmente en yacimientos de Argentina y Brasil [Ej. 4, 5]. Los registros más antiguos en este continente datan de fines del Triásico Temprano, conociéndose desde el Triásico Medio al Triásico Tardío sucesivas asociaciones de cinodontes relativamente bien documentadas [4, 5].

Entre los cinodontes, dos grandes subgrupos son reconocidos: los cinognathios (Cynognathia) y los probainognathios (Probainognathia) [2, 6]. Los cinognathios incluyen formas basales netamente carnívoras (como el género *Cynognathus*) y al clado de los gonfodontes (Gomphodontia) que agrupa a una asociación altamente diversa en la que se incluyen formas especializadas hacia hábitos herbívoros (los traversodontidos). Por otro lado, los probainognathios agrupan numerosas formas carnívoras-omnívoras y dentro de este grupo se incluyen los sucesivos grupos hermanos de los mamíferos [Ej. 2, 7, 8, 9].

Si bien los primeros registros de cinodontes son conocidos en rocas del Pérmico, en América del Sur, los restos más antiguos datan de fines del Triásico Temprano. Estos materiales provienen de la Formación Puesto Viejo, expuesta aproximadamente 35 Km al suroeste de la ciudad de San Rafael, provincia de Mendoza (Figura 1). Los primeros fósiles (escasos restos de vegetales) de esta formación fueron mencionados por Trumphy [10], sin brindar información detallada de su procedencia. Con posterioridad, en 1959, el geólogo González Díaz re-localizó los sitios con plantas fósiles y luego en 1960-61 encontró los primeros restos de vertebrados fósiles, en las cercanías del Puesto Agua de los Burros. Luego, en 1963 Don Ángel Zúñiga, encargado del Puesto Viejo, descubre restos muy completos de cinodontes y dicinodontes, en las proximidades del mencionado puesto, que fueron extraídos por González Díaz y enviados al Museo de La Plata (provincia de Buenos Aires). Estos primeros descubrimientos fueron la base para subsiguientes viajes de campo realizados por una comisión del Instituto Miguel Lillo (provincia de Tucumán), dirigida por el Dr. Bonaparte y el Dr. Herbst, tras una comunicación del Dr. Pascual. Los especímenes colectados (depositados

en las colecciones del MLP y en el PVL) fueron estudiados por el Dr. Bonaparte [11, 12, 13, 14, 15] quien resaltó la importancia evolutiva y paleobiogeográfica de estos materiales. Asimismo, en la década de 1970 el Dr. Lagiglia, director del MHNSR, colectó más restos de terápsidos en las cercanías de Puesto Viejo, que fueron depositados en la mencionada institución. El conjunto de hallazgos realizados desde los descubrimientos pioneros de González Díaz han brindado un amplio, aunque aún incompleto, panorama sobre los tetrápodos más antiguos del Triásico de América del Sur.

Hasta el momento sólo se conocen dos taxones de cinodontes en la Formación Puesto Viejo [11, 12, 14, 16], que proporcionan información tanto paleobiogeográfica como así también sobre la evolución de las formas basales de Cynognathia. En este trabajo se presenta una breve sinopsis de estos cinodontes, y se reconoce un tercer taxón, el que a su vez representa el primer cinodonte diademodóntido en América de Sur.

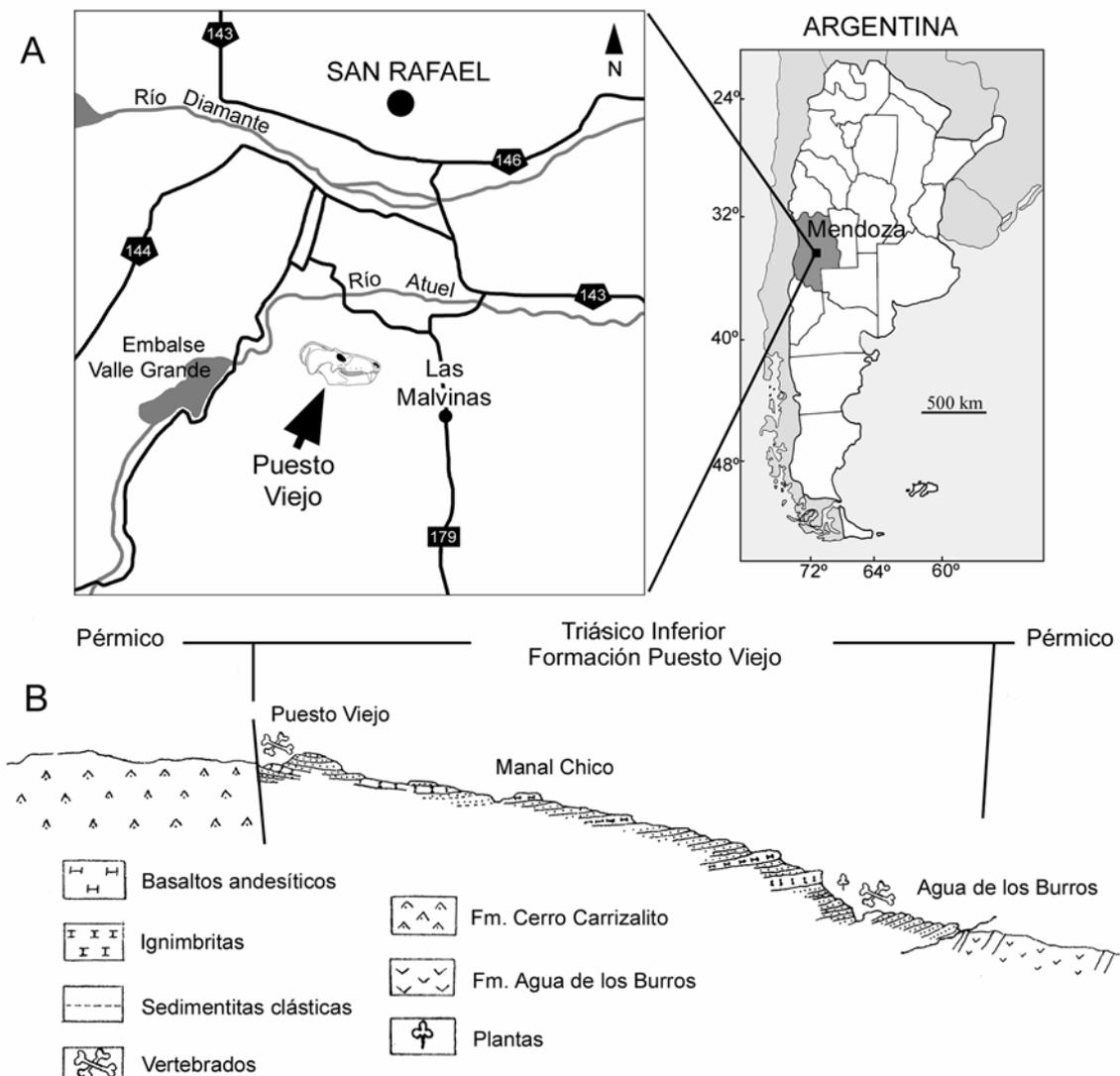


Figura 1. A, Mapa mostrando la ubicación del área de Puesto Viejo, al suroeste de San Rafael, donde fueron encontrados los cinodontes; B, perfil esquemático de Formación Puesto Viejo, en donde se ubican los dos niveles portadores de tetrápodos (modificado de [18])

Contexto Geológico

En el territorio argentino la única secuencia continental que representa al Triásico Temprano con restos de tetrápodos es aquella aflorante en el Bloque de San Rafael, en la región de Sierra Pintada situada al suroeste de la ciudad de San Rafael (provincia de Mendoza) (Figura

1A). Litoestratigráficamente, dicho conjunto es conocido como Formación Puesto Viejo [17, 18] y consiste en una sucesión volcanoclástica en la que se intercalan mantos de ignimbritas y rocas basálticas [17, 18, 19, 20] (Figura 1B). Esta secuencia se apoya en discordancia sobre un paleorelieve elaborado sobre rocas pérmicas, cuyo origen se relaciona con fenómenos de extensión ocurridos durante el Pérmio-Triásico, los mismos que controlaron los depocentros triásicos más jóvenes de la Cuenca Cuyana en el noroeste de la provincia de Mendoza [21]. Los depósitos clásticos de la Formación Puesto Viejo fueron principalmente originados por sistemas fluviales meandriformes, de alta y baja sinuosidad asociados a amplias planicies de inundación, los que hacia el tope de la secuencia se asocian a depósitos piroclásticos relacionados con actividad volcánica explosiva en la región [20, 22]. En distintos niveles pelíticos de la sección basal de la secuencia fueron descriptos restos de megafloora correspondientes a la "Flora de *Pleuromeia*" y una rica microflora, ambas mostrando estrechas afinidades con paleofloras Eotriásicas de otras áreas de Gondwana [Ej. 23]. Estudios recientes indican, sin embargo, que las microfloras poseen típicas formas pérmicas junto a componentes menos frecuentes eo y mesotriásicos, lo que permitirían ubicar a los niveles inferiores de la Formación Puesto Viejo en el límite Pérmio-Triásico, o incluso en el Pérmico terminal [24]. Restos de tetrápodos son conocidos en los niveles inferiores y superiores de la secuencia [11, 12, 13, 14, 15] (Figura 1B). De los primeros se conocen restos de terápsidos dicinodontes y un probable proterosuquio [15], mientras que de los niveles superiores, tanto dicinodontes como cinodontes [11, 12, 14]. Estos grupos fueron considerados representantes de taxones coetáneos con los que integran las clásicas asociaciones del Triásico Temprano-Medio de la Cuenca del Karroo en África del Sur (Zona de *Lystrosaurus* y Zona de *Cynognathus*) [12, 13, 14, 15].

Abreviaciones Institucionales. MHNSR–Pv, Museo de Historia Natural de San Rafael (Pv, Colección Paleontología de Vertebrados), San Rafael, Mendoza; MLP, Museo de La Plata (Colección Paleontología de Vertebrados), La Plata, Buenos Aires; PVL, Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Colección Paleontología de Vertebrados), San Miguel de Tucumán, Tucumán.

Cinodontes de la Formación Puesto Viejo

Los cinodontes aquí citados fueron hallados en la sección superior de la Formación Puesto Viejo, en las cercanías del Puesto homónimo, al suroeste de la ciudad de San Rafael, Mendoza. Aún no han sido encontrados restos de cinodontes en los niveles inferiores de esta formación.

Therapsida Broom, 1905

Cynodontia Owen, 1861

Cynognathidae Watson, 1917

***Cynognathus crateronotus* Seeley, 1895**

(Figura 2A y 3)

Comentarios. El género africano *Cynognathus* fue reconocido en América del Sur por Bonaparte [14], quien fundó la especie *C. minor*. Con posterioridad, esta especie fue considerada un sinónimo junior de *C. crateronotus* del Triásico de África y los diferencias observadas fueron fundamentadas como variaciones ontogenéticas y deformaciones *postmortem* [16]. El holotipo (PVL 3859), único espécimen conocido de esta localidad, consiste en un cráneo con ambas mandíbulas articuladas, un húmero derecho y una vértebra torácica [14, 16, 25]. *Cynognathus* es un cinodonte de hábitos carnívoros de gran tamaño. Sus dientes postcaninos son sectoriales con una cúspide principal y cúspides accesorias mesiales y distales, suavemente inclinadas hacia atrás, en algunos casos con un margen aserrado. El cráneo de esta especie, tiene un contorno triangular en vista dorsal, y difiriendo de los típicos carnívoros probainognatios, posee el postorbital fuertemente expandido el que contacta con el escamoso, un prominente proceso suborbital en el yugal y el arco cigomático dorsoventralmente muy alto [2, 6, 26].

Este taxón es de suma importancia paleobiogeográfica ya que es un fósil guía de la Zona de *Cynognathus* de la Cuenca del Karroo en África del Sur [27]. Hasta el momento, este género fue reconocido en numerosas localidades de África [27], en Argentina [14, 16] y en Antártida [28].

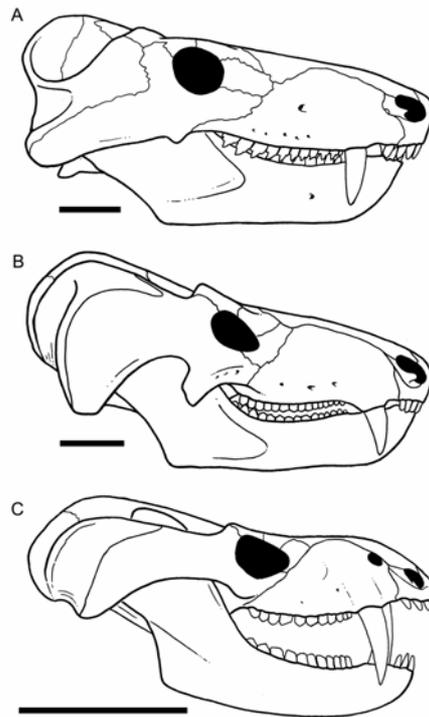


Figura 2. Reconstrucción en vista lateral del cráneo de los cinodontes no-mamalianos hallados en la Formación Puesto Viejo. A, *Cynognathus crateronotus* (modificado de [2]); B, diademodóntido indet. (reconstrucción basada en el género *Diademodon*; modificado de [2]); C, *Pascualgnathus polanskii* (modificado de [12]). La escala representa 50 mm.



Figura 3. Reconstrucción artística de *Cynognathus crateronotus*, un cinodonte de hábitos carnívoros típico del Triásico Temprano-Medio, hallado en la Formación Puesto Viejo, San Rafael, Mendoza (dibujo realizado por J. L. Blanco).

Gomphodontia Seeley, 1894 (*sensu* [2])

Diademodontidae Indet.

(Figura 2B)

Comentarios. Luego de una minuciosa comparación encontramos que el espécimen MHNSR–Pv 357 poseía numerosos rasgos craneanos ausentes en los otros cinodontes reconocidos de la Formación Puesto Viejo (*Pascualgnathus* y *Cynognathus*). Este ejemplar consiste en un

cráneo fragmentado en varias piezas y ambas mandíbulas sin los huesos postdentarios. Los rasgos que permiten asignar el nuevo espécimen de Puesto Viejo a la familia Diademodontidae son la presencia de tres morfologías de postcaninos (dientes subcónicos en el sector anterior de la hilera dentaria, dientes gonfodontes en el sector medio y dientes sectoriales en la región posterior); postcaninos del sector medio con fuerte desgaste en su corona, sugiriendo un reemplazo dentario espaciado y una rudimentaria oclusión; y el arco cigomático constituido mayormente por el yugal, dorsoventralmente muy alto.

Tradicionalmente numerosos géneros y especies africanos fueron incluidos a esta familia (Ej. *Diademodon*, *Cyclogomphodon*, *Cragievarus*), estando la mayoría de ellos basados en restos pobremente preservados e insuficientemente diagnosticados. Tal es así, que revisiones posteriores basadas en métodos alométricos propusieron la validez de un solo género y especie, *Diademodon tetragonus* Seeley, 1894, para la familia Diademodontidae [Ej. 29, 30]. Una descripción detallada y una amplia comparación del espécimen MHNSR–Pv 357 está siendo preparada por los autores. Esto permitirá elucidar las relaciones del ejemplar estudiado con el género *Diademodon*. Por otra parte, esta asignación marca la primera ocurrencia de un Diademodontidae en América del Sur, y aporta un nuevo componente a la asociación faunística de la Formación Puesto Viejo, permitiendo mayores sustentos de las hipótesis paleoestratigráficas propuestas.

Traversodontidae Huene, 1935-42

Pascualgnathus polanskii Bonaparte, 1966

(Figura 2C)

Comentarios. *P. polanskii* fue descrito por Bonaparte [11, 12] basado en el holotipo MLP 65-VI-18-1 que consiste en un cráneo, ambas mandíbulas y gran parte del esqueleto postcraneano. Asimismo, se conocen dos especímenes adicionales depositados en el Instituto Miguel Lillo (Tucumán). Originalmente, esta especie fue considerada como un Diademodontidae con estrechas afinidades con los géneros africanos *Trirachodon* y *Diademodon* [11, 12]. Luego, *Pascualgnathus* fue interpretado como un traversodóntido basal [Ej. 29, 31, 32]. Su posición basal dentro de traversodóntidos es un tema aún controversial, ya que numerosos rasgos de la dentición son aún desconocidos. Asimismo, este taxón posee cuantiosos caracteres en su esqueleto también presentes en trirachodóntidos, o bien, primitivos dentro de Traversodontidae, como ser la presencia de postcaninos superiores de contorno ovoide-elipsoidal, con la cresta transversal ubicada en el centro de la corona, ausencia de solapamiento entre postcaninos y costillas con procesos sobrepuestos. *Pascualgnathus* es un taxón sumamente interesante evolutivamente ya que por su procedencia estratigráfica, y aceptando su posición dentro de Traversodontidae, constituiría el traversodóntido más antiguo conocido hasta el momento.

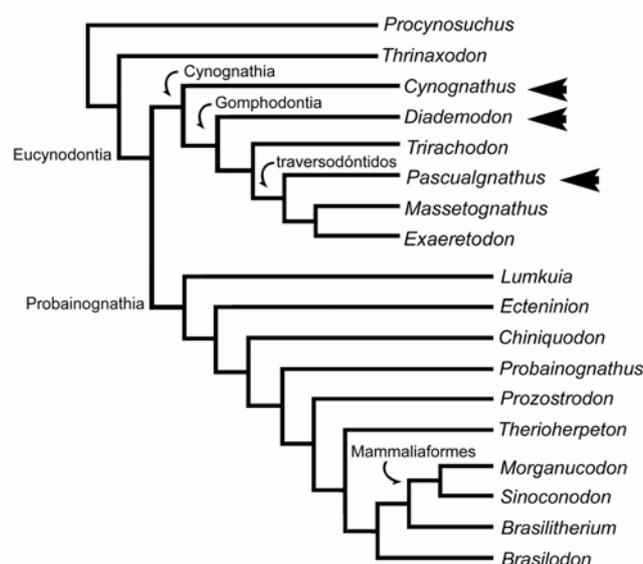


Figura 4. Cladograma de algunos géneros de cinodontes en el que se marca con una flecha la posición filogenética de los taxones de la Formación Puesto Viejo (basado en [2, 9])

Conclusiones

Las asociaciones faunísticas de la Formación Puesto Viejo son de altísima importancia ya que contienen los primeros restos de tetrápodos continentales del Triásico de América de Sur y permiten una correlación bioestratigráfica y paleobiogeográfica a nivel mundial. En lo que respecta a cinodontes, la sección superior de la Formación Puesto Viejo, tiene al menos dos componentes similares con la Zona de *Cynognathus* del Grupo Beaufort en África del Sur [27]. Estos son *Cynognathus crateronotus* y el espécimen aquí citado como *Diademodontidae* indet., afín a la especie *Diademodon tetragonus*. En la Zona de *Cynognathus*, ambos taxones son relativamente abundantes junto a otros cinodontes (los trirachodóntidos *Trirachodon*, *Bolotricon*, *Cricodon*, *Langbergia* y el probainognatio *Lumkuia*) [31, 33]. En los últimos años, esta zona ha sido subdividida: Subzona A datada como Olenekiano Tardío, Subzona B datada como Anisiano Temprano y Subzona C datada como Anisiano Tardío [33]. *Cynognathus* y *Diademodon* son altamente frecuentes en la Subzona B, alcanzando la Subzona C. Tradicionalmente la sección superior de la Formación Puesto Viejo fue estimada como perteneciente a la parte más alta del Triásico Temprano (Olenekiano) [12, 34] o como la parte más baja del Triásico Medio (Anisian) [13]. El registro de cinodontes en la sección superior de la Formación Puesto Viejo, efectuando una comparación directa con la Zona de *Cynognathus*, nos permite sugerir que este nivel tendría una edad Anisiana Temprana, apoyando previas interpretaciones. De todos modos, un mayor número de taxones permitirá alcanzar una mayor certidumbre respecto a la determinación de la antigüedad del sector superior de la mencionada unidad litoestratigráfica.

En síntesis, hasta el presente se conocen tres taxones distintivos de cinodontes en el sector superior de la Formación Puesto Viejo, que ocupan una posición basal dentro del grupo de los Cynognathia (Figura 4), siendo al menos una especie común con África (*Cynognathus crateronotus*) y las restantes mostrando estrechas afinidades con taxones africanos. La prospección y búsqueda sistemática de tetrápodos en la Formación Puesto Viejo permitirá realizar nuevos estudios con importantes resultados taxonómicos y paleobiogeográficos, y posibilitarán sumar evidencias fácticas para poder apoyar o rechazar las hipótesis previas, basadas en la comparación con la sección clásica de la Cuenca del Karroo (África del Sur).

Agradecimientos

Agradecemos a G. Neme y A. Gil por su invitación para participar del Tercer Encuentro del ICES en Malargüe, a A. Forasiepi por la valiosa lectura del Ms y a J. Powell y M. Reguero por permitirnos el acceso a las colecciones a su cargo.

Referencias

- [1] Rowe, T. 1988. Definition, diagnosis, and origin of Mammalia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 8: 241–264.
- [2] Hopson, J.A., J.W. Kitching. 2001. A probainognathian cynodont from South Africa and the phylogeny of nonmammalian cynodonts. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 156: 5–35.
- [3] Botha, J., F. Abdala, R. Smith. 2007. The oldest cynodont: new clues on the origin and early diversification of the Cynodontia. *Zoological Journal of the Linnean Society* 149: 477–492.
- [4] Bonaparte, J.F. 1978. El Mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos. *Opera Lilloana* 26: 1–596.
- [5] Bonaparte, J.F. 1973. Edades/Reptil para el Triásico de Argentina y Brasil. *Quinto Congreso Geológico Argentino. Villa Carlos Paz, Actas* 3: 93–129.
- [6] Hopson, J.A., H. Barghusen. 1986. An analysis of therapsid relationships; pp. 83–106 en N. Hotton, P. D. MacLean, J. J. Roth, y E. C. Roth (eds.), *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- [7] Luo, Z.-X. 1994. Sister-group relationships of mammals and transformations of diagnostic mammalian characters; pp. 98–128 en N. C. Fraser y H.-D. Sues (eds.), *In the Shadow of the Dinosaurs*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [8] Bonaparte, J.F., A.G. Martinelli, C.L. Schultz. 2005. New information on *Brasilodon* and *Brasilitherium* (Cynodontia, Probainognathia) from the Late Triassic of southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8: 25–46.

- [9] Martinelli, A.G., G.W. Rougier. 2007. On *Chalimimia musteloides* Bonaparte (Cynodontia, Trithelodontidae) and the phylogeny of the Ictidosauria. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27: 442–460.
- [10] Trumphy, E. 1940. Probable extensión de la Cuenca Rética de Mendoza. Informe Inédito Y.P.F.
- [11] Bonaparte, J.F. 1966. Sobre nuevos terápsidos triásicos hallados en el centro de la Provincia de Mendoza, (Therapsida, Dicyodontia y Cynodontia). *Acta Geológica Lilloana* 8: 91–100.
- [12] Bonaparte, J.F. 1966. Una nueva “fauna” Triásica de Argentina (Therapsida: Cynodontia - Dicyodontia). Consideraciones filogenéticas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 4: 243–296.
- [13] Bonaparte, J.F. 1967. New vertebrate evidence for a Southern Transatlantic connexion during the Lower or Middle Triassic. *Paleontology* 10: 554–563.
- [14] Bonaparte, J.F. 1969. *Cynognathus minor* n. sp. (Therapsida-Cynodontia). Nueva evidencia de vinculación faunística Afro-Sudamericana a principios del Triásico. *Gondwana Stratigraphy, I.U.G.S., Coloquio Mar del Plata 1967*: 273–281.
- [15] Bonaparte, J.F. 1981. Notas sobre una nueva fauna del Triásico Inferior del Sur de Mendoza, Argentina, correspondiente a la Zona de *Lystrosaurus* (Dicyodontia-Proterosuchia). Segundo Congreso Latinoamericano de Paleontología, *Annals* 1: 227–288.
- [16] Abdala, F. 1996. Redescrición del cráneo y reconsideración de la validez de *Cynognathus minor* (Eucynodontia-Cynodontidae) del Triásico Inferior de Mendoza. *Ameghiniana* 33: 115–126.
- [17] González Díaz, E. 1964. Rasgos geológicos y evolución geomorfológico de la Hoja 27-D (San Rafael) y zona occidental vecina (Provincia de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19: 151–188.
- [18] González Díaz, E. 1966. El hallazgo del Infra?-Mesotriásico continental en el Sur del área pedemontana mendocina. *Acta Geológica Lilloana* 8: 101–134.
- [19] Kokogian, D., L. Spalletti, E. Morel, A. Artabe, R. Martinez, O. Alcober, J. Milana, A. Zavattieri, O. Papu. 1999. Los depósitos continentales triásicos, pp. 377–398, en: Caminos R. (eds.), *Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales* 29.
- [20] Kokogian, D., L. Spalletti, E. Morel, A. Artabe, R. Martinez, O. Alcober, J. Milana, A. Zavattieri. 2001. Estratigrafía del Triásico Argentino, pp. 23–25, en: Morel, E., Artabe, A. y A. Zammuner (eds.), *El Sistema Triásico en Argentina. Fundación Museo de La Plata, La Plata*.
- [21] Stipanovic, P., C. Marsicano. 2002. *Léxico Estratigráfico de la Argentina: Triásico (Stratigraphic Lexicon of Argentina: Triassic)*. Asociación Geológica Argentina, 370pp.
- [22] Spalletti, L.A. 1994. Evolución de los ambientes fluviales en el Triásico de la Sierra Pintada (Mendoza, Argentina): análisis sobre la influencia de controles intrínsecos y extrínsecos al sistema depositacional. *Asociación Argentina de Sedimentología, Revista* 1: 125–142.
- [23] Ottone, E.G, G.B Garcia. 1991. A Lower Triassic miospore assemblage from the Puesto Viejo Formation, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 68: 217–232.
- [24] Zavattieri, A.M, E. Sepúlveda, E. Morel, L. Spalletti. 2003. Límite Permo-Triásico para la base aflorante de la Formación Puesto Viejo, Mendoza (Argentina). *Ameghiniana* 40: Suplemento 17R.
- [25] Abdala, F. 1999. Elementos postcraneos de *Cynognathus* (Synapsida-Cynodontia) del Triásico Inferior de la Provincia de Mendoza, Argentina. Consideraciones sobre la morfología del húmero en cinodontes. *Revista Española de Paleontología* 14: 13–24.
- [26] Broili, F., J. Schröder. 1934. Zur osteologie des kopfes von *Cynognathus*. *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademik der Wissenschaften* 12: 95–128.
- [27] Kitching, J.W. 1977. The distribution of the Karroo vertebrate fauna. *Bernard Price Institute for Palaeontological Research, Memoir* 1: 1–131
- [28] Hammer, W.R. 1995. New therapsids from the upper Fremouw Formation (Triassic) of Antarctica. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15: 105–112.
- [29] Hopson, J.A., J.W. Kitching. 1972. A revised classification of cynodonts (Reptilia, Therapsida). *Palaeontologia Africana* 14: 71–85.
- [30] Grine, F.E., B.D. Hahn. 1978. Allometric growth in the Diademodontinae (Reptilia; Therapsida): a preliminary report. *Palaeontologia Africana* 21: 161–166.

- [31] Abdala, F., J. Neveling, J. Welman. 2006. A new trirachodontid cynodont from the lower levels of the Burgersdorp Formation (Lower Triassic) of the Beaufort Group, South Africa and the cladistic relationships of Gondwanan gomphodonts. *Zoological Journal of the Linnean Society* 147: 383–413.
- [32] Barberena, M.C. 1974. Contribuição ao conhecimento dos cynodontes gonfodontes (Cynodontia-Tritylodontoidea) do Brasil. Ministério de Educação e Cultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 194 pp.
- [33] Abdala, F., P.J. Hancox, J. Neveling. 2005. Cynodonts from the uppermost Burgersdorp Formation, South Africa, and their bearing on the biostratigraphy and correlation of the Triassic Cynognathus Assemblage Zone. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25: 192–199.
- [34] Bonaparte, J.F. 1982. Faunal replacement in the Triassic of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology* 2: 362–371.

Possible Evidences of Ionospheric Phenomena as Seismic Precursors

M. Mosert (a)
 S. Pulinets (b)
 M. Herraiz (c)
 B. de la Morena (d)
 R. Ezquer (e)
 I. Blanco (d)
 D. Altadill (f)
 E. Blanch (f)

(a) CASLEO-CONICET

(b) Institute of Geophysics, UNAM, Mexico, IZMIRAN, RAS, Russia.

(c) Dep. Geofísica y Meteorología, Fac. de C. Físicas, Univ. Complutense, España

(d) INTA, Huelva, España.

(e) Lab. de Ionosfera, UNT, Tucuman, UTN, CONICET, Argentina.

(f) Observatorio de Ebro, España

Introduction

The earthquakes still occupy first place in the list of natural disasters causing fatal incidences and in loss of human live. To minimize these losses researchers are trying to find a reliable precursor. Many publications report during the last years the seismo-ionospheric coupling [1, 2] show earthquake precursors in the F-region ionosphere well before the main shock. Pulinets et al., 1998 [3], Pulinets et al., 2004 [4] and Pulinets and Liu, 2004 [5] also proposed a physical mechanism between seismic activity and the ionospheric variability. Using statistical methods, Pulinets et al., 2004 [4] also provided a strong evidence for occurrence of ionospheric precursors well before the main shock of earthquakes whereas Pulinets et al. (1998) explained the role of anomalous electric field for lithospheric-ionospheric coupling before the main shock. The anomalous electric field called seismogenic electric field is generated near the Earth's surface within the radius of earthquakes preparation zone which penetrates into the ionosphere and causes ion drift that results in the formation of electron density irregularities.

The main features of ionospheric precursors have been pointed out by Pulinets, 2004 [4]. They are: (1) Ionospheric anomalies appear (as determined statistically) within the time interval 1-5 days before the seismic shock; (2) The magnitude threshold of ionospheric precursors is M5; (3) The size of the modified area within the ionosphere depends on the magnitude of impending earthquake and is determined by empirical formula $R=10043M$ where R is the radius of the modified area, and M – the magnitude of impending earthquake; (4) Position of the modified area within the ionosphere is projected along the geomagnetic field lines and is determined as well by configuration of the anomalous electric field generated on the ground surface; (5) The amplitude and sign of the ionospheric anomalies depends on the local time, latitude and the geomorphology and can vary within the range of 15% - 100%. The objective of this paper is to examine the ionospheric behavior during 4 strong earthquakes ($M > 5$).

Data Used

The analysis of the behaviour of the ionospheric parameters for 4 strong earthquakes (EQ): Colima EQ ($M=7.6$, 22/01/2003); San Simeon EQ ($M= 6.5$, 22/12/2003); Parkfield EQ ($M=7.9$, 28/09/2004) and Hector Mine EQ ($M=7.1$, 16/10/1999) during quiet periods ($Dst < 50$) has been done using the special index of variability TEC introduced by Pulinets (2004) derived from GPS satellites (TEC is the total number of free electrons along a path from a satellite to a ground station). TEC is the difference between the maximal and minimum values of TEC for every given moment for all the stations under analysis.

Some Results

Figures 1 to 4 show the behavior of TEC maxima and TEC minima, TEC and the magnetic index Dst during some days before and after the main seismic shocks for the 4 earthquakes (EQ) during quiet periods indicated in the top of each figure. The figures also show the run average trend. In the case of San Simeon, for example, one can observe the increase of variability 5 days before the seismic shock. Also some variability increase is observed after some disturbances from 5th December. Nevertheless the variability is lower than during the pre-earthquake period. Similar behavior can be observed in the another 3 earthquakes.

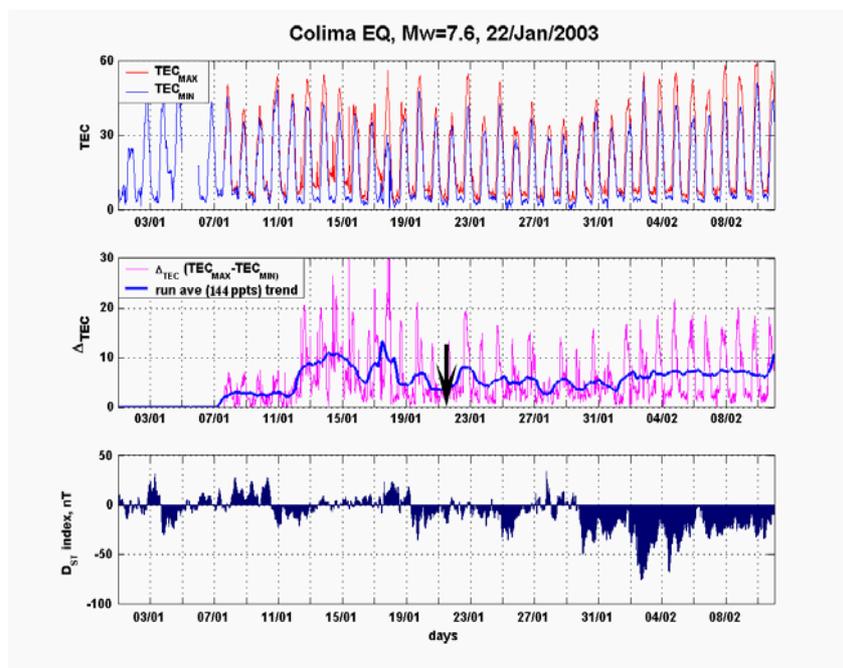


Figure 1. Variation of $\Delta_{TEC} = TEC_{MAX} - TEC_{MIN}$ between January 3 and February 8, 2002 at Colima. The day of the seismic shock and magnitude of the EQ is indicated in the top of the figure

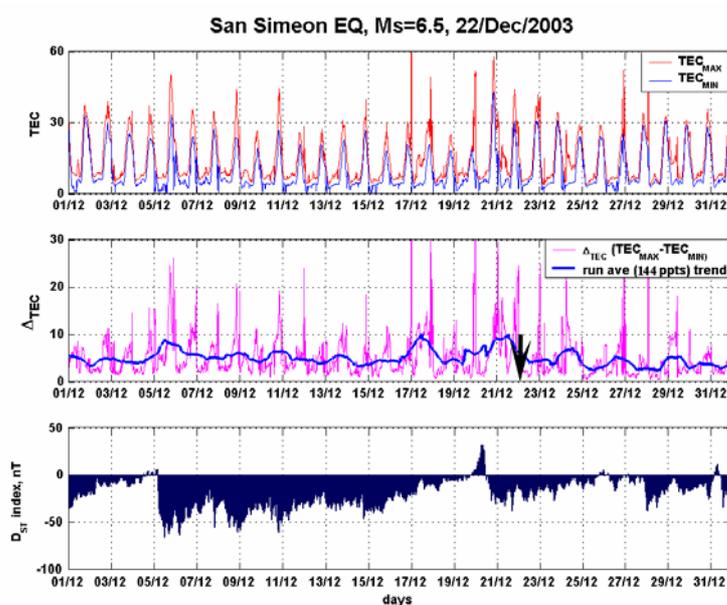


Figure 2. Variation of $\Delta_{TEC} = TEC_{MAX} - TEC_{MIN}$ between December 1 and December 31, 2003 at San Simeon. The day of the seismic shock and magnitude of the EQ is indicated in the top of the figure

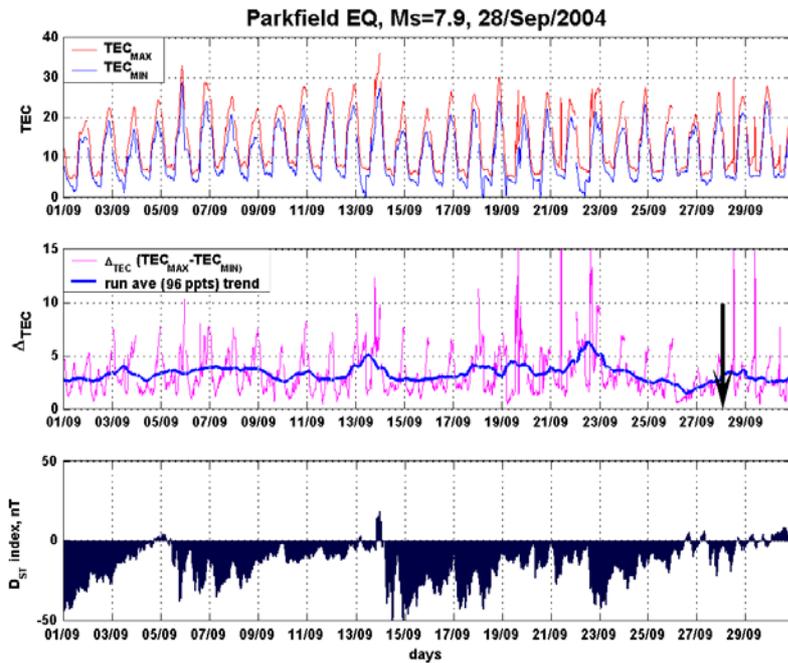


Figure 3. Variation of $TEC = TEC_{maxima} - TEC_{minima}$ between September 1 and September 29, 2004 at Parkfield. The day of the seismic shock and magnitude of the EQ is indicated in the top of the figure

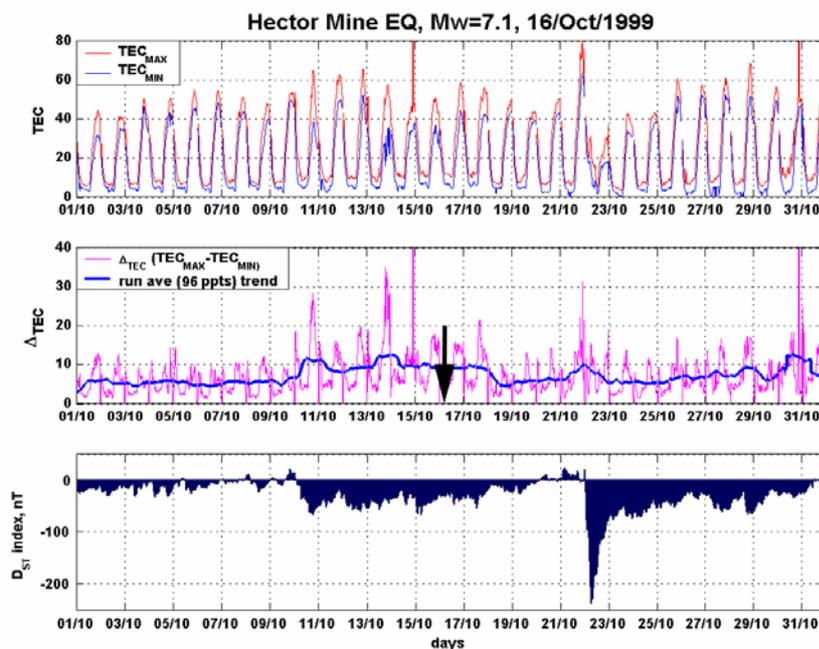


Figure 4. Variation of $TEC = TEC_{maxima} - TEC_{minima}$ between October 1 and October 31, 1999 at Hector Mine. The day of the seismic shock and magnitude of the EQ is indicated in the top of the figure

Final Comments

The results of this study show significant ionospheric perturbations several days before and after the main shock. The observed variations might be correlated with the seismic effect due to

isolation from any magnetic activities. The present results are in agreement with those reported by others. It can be concluded that ionospheric behavior changes, a few days before the seismic shock.

The cause explaining these ionospheric disturbances are related to the action of upward propagating electric fields generated due to the stress of the rocks, electric charges could appear at the Earth's surface and modify the current in the atmosphere-ionosphere system. These effects are well explained and modeled by Pulinets et al. (2004).

We think that it is important to develop a project as a cooperation between different countries containing the following stages:

- (1) Historical data analysis.
- (2) Statistical validation of the obtained results on historical data.
- (3) Geotectonic analysis.
- (4) Creation of the precursors patterns for every selected region.
- (5) Creation of the software of the automatic precursor recognition.
- (6) Creation of the regional system of short-term earthquake warning.

References

- [1] Dutta, H.N., Dabas, R.S., Das, R.M., Sharma, K., Singh, B.K.. 2007. Ionospheric perturbations over Delhi caused by the 26 December 2004 Sumatra Earthquake. *International Journal of Remote Sensing* 28: 3141-3151.
- [2] Sharma, K., Das, R.M., Dabas, R.S., Pillai, K.G.M., Garg, S.C., Mishra, A.K. 2007. Ionospheric Precursors Observed at Low Latitude around the Time of Koyana earthquake, *Advance in Space Research*, in press, doi:10.1016/j.asr.2007.06.026.
- [3] Pulinets, S.A., Khagai, V.V., Boyarchuk, K.A., Lomonosov, A.M. 1998. Atmospheric Electric field as a Source of Ionospheric Variability. *Physics-Uspekhi* 41: 515-522.
- [4] Pulinets, S.A., Liu, J.Y., 2004. Ionospheric Variability unrelated to Solar and Geomagnetic Activity. *Advances in Space Research* 34: 1926-1933.
- [5] Pulinets, S.A., 2004. Ionospheric Precursors of Earthquakes; *Recent Advances in Theory and Practical Applications*, vol 15. TAO, pp. 413-435

Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, Recursos Educativos en la Argentina

Manuel Pérez Cota (*)
Mario Groppo (*)
Ernesto Meier (*)
Pedro F. Cerutti ()**
Guillermo J. Castro ()**

(*)Universidad de Vigo, Universidad Tecnológica Nacional
 (**)ISFD N° 9-003

Introducción

Cuando nos referimos a las Ciencias de la Tierra o Geociencias no podemos considerarlas como ciencias "terminadas", ya que al igual que otras ciencias se encuentran en constante evolución. Al tratar de entender más el Universo y el planeta, las distintas ciencias que lo estudian se van haciendo cada vez más complejas, y surgiendo nuevas áreas como la Geofísica, la Geología, la Geomorfología, la Geoquímica, la Edafología, la Hidrología, la Meteorología, la Sismología, la Climatología, la Mineralogía, la Vulcanología, la Tectónica, la Petrología, la Petrografía, la Paleontología, Oceanografía y Geodesia, etc. Sin embargo, sigue habiendo una completa conexión entre todas ellas, por lo cual se habla de Geociencias o Ciencias de la Tierra como de ciencias altamente interdisciplinarias.

La tecnología actual se caracteriza por sus cambios acelerados, el flujo de conocimientos y nuevos desarrollos. Los efectos de la globalización, el impacto de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, y la administración del conocimiento, han obligado a cambios significativos en los entornos de trabajo y en el área de la comunicación y el aprendizaje.

Estos tiempos transcurren en las llamadas "sociedades del conocimiento", sociedades cuyos procesos y prácticas se basan en la producción, la distribución y el uso del conocimiento. Este escenario genera la necesidad de nuevas habilidades y competencias relacionadas con el proceso de cambio tecnológico y su concomitante evolución permanente del dominio de las destrezas en la relación hombre-máquina.

Se delimita un área de trabajo que consiste en la alfabetización digital donde se subrayan las competencias en la utilización de la información y el conocimiento. Se considera que la educación en su relación con la ciencia permitirá precisar con claridad qué tipo de información se necesita, dónde obtenerla, cómo transformarla en conocimiento, presentarla y gestionarla.

Las nTICs se presentan como un poderoso instrumento de relación sustentable entre la sociedad, la ciencia y la educación. Esta relación se piensa como un proceso a través del cual los especialistas y los docentes pueden intervenir desde sus campos de trabajo en la construcción colectiva de los conocimientos, tanto individual como de grupos de usuarios. Se valora a los conocimientos como reutilizables, éstos son asequibles desde el desarrollo de servicios basados en la Web que permiten su utilización como recursos educativos libres y accesibles, con una interfaz de sencillo manejo. Todo esto hace pensar que los humanos habitan un mundo muy complejo y dinámico y, por lo tanto, no es posible hablar de alguna característica del medio como algo aislado, sino que se debe entender a las diversas disciplinas únicamente como instrumentos para llegar a la comprensión de los fenómenos naturales.

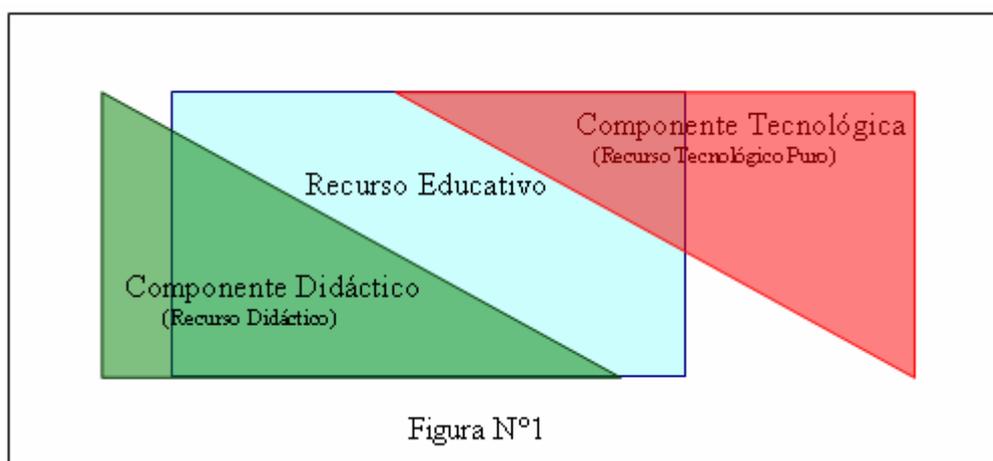
Las Ciencias de la Tierra no solo son conocimientos de algo físico, también son herramientas que sirven para planear una explotación racional de los recursos naturales, comprender las causas que originan los fenómenos naturales que afectan al hombre y como el hombre influye en la naturaleza con sus acciones. Se propone superar el rol pasivo de los receptores de la Red por un rol más interactivo que requiere de la implicación operativa de los investigadores, docentes y alumnos en el proceso de construcción de nuevos conocimientos. Rescatar el componente didáctico de los recursos tecnológicos, es lo que permitirá transformar el recurso tecnológico puro en recurso educativo (Figura 1).

Tanto en la comunidad educativa como en resto de las instituciones sociales existe una gran variedad de aplicaciones prácticas de los recursos educativos. Nuevas necesidades son cubiertas con nuevos conocimientos que requieren de la amplificación o diversificación las

aplicaciones de los recursos tecnológicos educativos, donde cada aplicación de un recurso genera un conjunto de prácticas que, a su vez, generará otro subconjunto de prácticas.

Resulta interesante la posibilidad de modelizar los fenómenos naturales estudiados desde las diversas disciplinas. Otro componente importante resulta el de poder contar con un aporte interesante en la formación de nuevos recursos humanos acercando a la investigación nuevas personas, o permitiendo comprender e interpretar de otras maneras los fenómenos naturales en beneficio de la sociedad.

Consideramos que las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones resultan ser una opción por demás interesante al momento de difundir y divulgar contenidos científicos.



Los Recursos Educativos en la Enseñanza General

La enseñanza formal siempre ha hecho uso de algún tipo de recursos para enseñar de acuerdo a los adelantos y descubrimientos de cada época. Si algo aportó el paradigma conductista a la educación fue sin duda el movimiento audiovisual de los años setenta y las sugerencias para el correcto empleo de los recursos y tecnologías disponibles para enseñar en aquellos tiempos, sugerencias que en su gran mayoría continúan vigentes hoy. La educación tradicional ha sufrido una serie de críticas en los últimos años sobre todo en lo que se refiere a la postura del docente como centro del proceso de enseñanza aprendizaje. La insistencia en una sola fuente de información, el libro de texto, el contenido de la enseñanza reducido al conocimiento declarativo, es decir la enseñanza de conceptos, teorías y leyes, haciendo caso omiso de la necesidad social del desarrollo de habilidades, actitudes y valores; la rigidez y homogenización de la oferta educativa, además de una comunicación deficiente entre el maestro y el alumno, y de estos entre sí.

El empleo de las nTICs responde a la necesidad de visualizar fenómenos y procesos de la realidad, de precisar detalles, de captar la atención y también de estimular el aprendizaje de los alumnos. Es parte sustancial de la naturaleza del proceso de enseñar. Ningún medio es perfecto, ninguno por sí mismo enseña. Todos ellos, desde los llamados convencionales y tradicionales, hasta los actuales, agrupados bajo el nombre de nTICs, dependen del empleo pedagógico que de ellos haga el maestro. Antes de continuar, conviene resaltar que hay diferentes usos del término recursos educativos que pueden despistar al lector. Por un parte, hay un uso más amplio (débil) en el que "todo" es recurso, después hay un uso más restringido (fuerte) en el que la reflexión se centra en lo que se considera como un modelo inicial llamado "recursos educativos" a los cuales se los considera integrados por un conjunto de componentes tecnológicos sumados a los componentes didácticos, por último, hay un uso intermedio en el cual por recurso educativo se toma como cualquiera de los elementos que forman una configuración que cumplen con los requisitos planteados anteriormente. Para no tener dificultades en la lectura de los diferentes apartados de este capítulo y en los capítulos posteriores es necesaria la buena disposición del lector para transitar entre estos tres usos diferentes del término recurso.

Cuando los Recursos Educativos se Consideran Institucionales

Una de las características que presentan los recursos educativos con componentes tecnológicas y didácticas, es que pueden manifestarse como fenómenos individuales. Pero al estar el usuario (docente) inmerso en un contexto institucional, donde necesariamente se dan interacciones con otros recursos y otros usuarios, es que adquieren también un carácter colectivo. Por lo tanto cualquier abordaje que pretendiéramos hacer desde uno solo de estos aspectos resultaría incompleto. Por este motivo nos referimos a los recursos educativos institucionales y analizamos los significados que estos adquieren en el seno de las mismas.

Si consideramos a las instituciones constituidas por personas involucradas en una misma clase de situaciones problemáticas. El compromiso mutuo con la misma problemática conlleva la realización de unas prácticas sociales compartidas; las cuales están asimismo, ligadas a la institución a cuya caracterización contribuyen. Desde la sociología se suelen considerar las instituciones básicamente desde dos perspectivas: la primera, tendría que ver con la configuración de un conjunto de prácticas compartidas, y la segunda, las entiende como una organización que se compone de un cuerpo directivo, un edificio y unos trabajadores, destinada a servir algún fin socialmente reconocido y autorizado.

Es evidente que las instituciones escolares encajan claramente en estas dos maneras de entender las instituciones. Desde nuestra propuesta nos interesa, sobre todo la primera, sin dejar de considerar el otro punto de vista. Esta primera manera de entender las instituciones permite, por una parte, pensar en una gran diversidad de alternativas en el interior de una institución educativa y, por otra en instituciones que no pertenezcan solamente al ámbito educativo. La segunda manera de entender las instituciones nos lleva a considerar aquellas cuyo fin es ocuparse del hombre aprendiendo. La institución entendida como “comunidad de práctica” ha sido especialmente estudiada y desarrollada por, Etienne Wenger (1998), Pablo Peña (2001) y Antonio Garrido (2003) [1], quienes en sus estudios sobre gestión del conocimiento, describen la existencia de grupos en los que el conocimiento y las “mejores prácticas” (el modo de realizar una tarea del modo más conveniente) se conservan y transmiten de los miembros más antiguos a los más recientes, mediante una participación progresiva en las tareas prácticas que comparten los miembros de la comunidad. Según Wenger, una comunidad de práctica se define a sí misma a lo largo de tres dimensiones:

- La primera su empresa conjunta es comprendida y continuamente renegociada por sus miembros.
- La segunda el compromiso mutuo que une a sus miembros juntos en una entidad social.
- Y la tercera el repertorio compartido de recursos comunes (rutinas, sensibilidades, artefactos, vocabulario, estilos...) que los miembros han desarrollado a lo largo del tiempo.

Una de las señas de identidad de estas comunidades es el aprendizaje. El análisis de las diferentes experiencias habidas entorno a las comunidades de práctica muestra que son ámbitos idóneos para realizar los procesos de aprendizaje individual y, al mismo tiempo, desarrollar el aprendizaje conjunto. Muchas de las consideraciones que se han hecho sobre las comunidades de práctica son aplicables tanto a la comunidad de aprendizaje que se crea en el aula, como a la que se forma en las instituciones donde se puede crear el conocimiento.

Al ser la comunidad de práctica el marco donde las personas ponen en común sus conocimientos, ésta favorece el diálogo e invita a las personas a reflexionar sobre su experiencia. Además, el diálogo entre distintos puntos de vista, por lo general, suscita controversias y discrepancias que, en muchas ocasiones, se traduce en un conflicto cognoscitivo con lo cual también se favorece el aprendizaje. Probablemente sea en el seno de estas comunidades donde las personas aprenden nuevas competencias profesionales utilizando las nTICs, de manera mucho más eficiente que a través de los procesos tradicionales de enseñanza, aprendizaje y gestión [2].

Recursos Didácticos Institucionales

Los recursos educativos (entendiendo por recursos educativos a todos aquellos recursos que posean una componente tecnológica y una componente didáctica, $RE = Rd + Rt$), se pueden desarrollar progresivamente como resultado de las distintas aplicaciones de las nTICs en las prácticas docentes. Resulta habitual encontrarlos en las instituciones con prácticas

socialmente compartidas por toda la comunidad educativa, ligadas a la resolución de problemas en diversos campos.

Puesto que las prácticas pueden variar en las distintas instituciones, se ha de conceder al recurso educativo una relatividad respecto a las mismas. Esta emergencia es progresiva a lo largo del tiempo [3]. En un momento dado, es reconocido como tal por la institución, pero incluso después de esta etapa, sufre distintas transformaciones, según se va ampliando el campo de aplicación. Con relación a los recursos educativos se destacan distintos aspectos. Pudiendo distinguir entre recursos educativos personales y recursos educativos institucionales. Cuando se aplican los recursos educativos personales, se los utilizan de una manera particular y de acuerdo a las propias destrezas, el dominio que el docente tenga sobre el recurso, y la experiencia en su aplicación práctica. Mientras que un recurso educativo institucional, implica la generación de un conjunto de reglas de comportamiento, uso y aplicación. Las mismas son compartidas por toda la institución, a las que además se les agrega las particularidades individuales que posee cada docente. Como resultado de esto, aparece una demanda clara a nivel de la comunidad educativa que requiere ciertas destrezas o habilidades. Estos requisitos deben ser dominados por el docente, para poder ser validado por sus pares en sus prácticas educativas dentro de las instituciones.

Al analizar las prácticas en los distintos procesos de enseñanza, aprendizaje y gestión, la dialéctica planteada entre recurso educativo personal y recurso educativo institucional se convierte en una cuestión central. Y el alumno pasa de ser un alumno individual a ser un alumno en una institución, lo que, obliga a distinguir entre recursos educativos personales y recursos educativos institucionales y a problematizar estas dos clases de recursos y la relación entre ellos. La relación entre los significados de los recursos educativos personales y los institucionales, hay que pensarla básicamente en términos de "ajuste". Se pretende que el significado de los recursos educativos personales se adecuen lo más posible al significado de los recursos educativos institucionales. Al analizar la situación desde un punto de vista antropológico es decir el hombre aprendiendo en instituciones educativas como el resultado de una construcción social realizada en diferentes instituciones [4]. También se manifiesta un principio de tipo recursivo respecto de su aplicación en la práctica, los recursos educativos personales generan nuevas actividades que realimentan la didáctica de los recursos educativos institucionales, los cuales a su vez facilitan la incorporación de nuevas actividades para la implementación de los recursos educativos personales. Una pregunta que se puede formular con relación a los recursos educativos personales e institucionales es la siguiente: ¿Dónde se manifiestan dichos recursos? Es evidente que a partir de lo que se ha dicho anteriormente los recursos educativos personales y sus significados se encarnan en los alumnos y alumnas y que los institucionales se encarnan en los profesores. Ahora bien, con esta clasificación se nos presenta el problema de que los recursos didácticos y los recursos tecnológicos del profesor no se contemplan como recursos educativos diferenciados de los institucionales.

Resulta claro que lo más fácil de superar es lo vinculado al plano tecnológico, mientras que el plano pedagógico su potencial depende del diseño didáctico que se haga para su empleo. Todos los recursos tienen un código de empleo y comunicación que es necesario respetar para que su uso en los procesos de enseñanza, de aprendizaje y de gestión, dé los resultados que justifican su selección e incorporación. Esto resulta de mucha importancia, ya que el no cumplir con los códigos que le son propios por la naturaleza del recurso, hace que su eficacia no sea la esperada. Salta a la vista que el problema no está en el recurso per se, está en la preparación del personal para la correcta selección (cuál emplear y en qué momento) de acuerdo a su código. No todo depende solo de las nTICs utilizadas y su integración en los distintos procesos de enseñanza, aprendizaje y gestión. Si no también de su empleo, por una parte respetando su código y lenguaje y, por otro, del cumplimiento de las funciones didácticas que hacen posible que los docentes enseñen, los alumnos aprendan y las instituciones se administren y se organicen.

Significado y Sentido de los Recursos Educativos

Se considera que un recurso educativo institucional surge progresivamente como resultado de las sucesivas aplicaciones, en las que se tiende a resolver alguna necesidad educativa en los procesos de enseñanza, aprendizaje y gestión. Entendiendo el término gestión como referido a los procesos administrativos, curriculares y pedagógicos que se llevan a cabo en las instituciones educativas. Dentro de las instituciones existe una gran variedad de aplicaciones

prácticas de los recursos educativos, que son socialmente compartidas por toda la comunidad educativa. Por lo que resulta necesario contar con la tecnología apropiada, necesaria y suficiente para dar respuesta a las exigencias de los diseños curriculares actuales y las demandas de la sociedad contemporánea. Las aplicaciones prácticas en las que se utilizan los recursos educativos, por lo general se hallan ligadas a la resolución de un determinado campo de problemas. El cual se encuentra en principio bien acotado, y progresivamente a lo largo del tiempo el entorno de aplicación se va ampliando. Nuevas necesidades son cubiertas, lo que permite se diversifiquen las aplicaciones de los recursos educativos. En un momento dado, son reconocidos por la institución, (lo que podríamos llamar una primera etapa o primer nivel de emergencia), pero, incluso después de esta etapa, sufre transformaciones progresivas según se va ampliando el campo de aplicaciones, (segundo nivel de emergencia).

En la aplicación de los distintos recursos educativos se pueden presentar diferentes situaciones, por lo que se puede afirmar que un mismo recurso con componentes didácticas genera un conjunto de prácticas. A su vez, otro recurso equivalente generará otro subconjunto de prácticas. Por tanto, en cada aplicación del recurso con componentes didácticas relacionamos el utilizado con otros recursos diferentes y con procedimientos de construcción diferentes (se generan prácticas diferentes). Cuando se adopta una perspectiva pragmatista y se define el significado de un recurso con una marcada componente didáctica en términos de prácticas, resulta que el significado de un determinado recurso queda ligado a otros significados y a otros recursos educativos. Puesto que en las prácticas interviene dicho recurso con componentes didácticas conjuntamente con otros. Este hecho nos permite distinguir dos términos que resultan difíciles de diferenciar, nos referimos a los términos sentido y significado.

Puesto que un recurso educativo se puede relacionar con otros recursos educativos según el contexto, para dar lugar a diferentes prácticas, de manera que se entiende el sentido como un subconjunto del sistema de prácticas que constituyen el significado del recurso educativo. El significado de un componente didáctico, aplicado a un sistema de prácticas, se puede parcelar en diferentes clases de prácticas más específicas que son utilizadas en un determinado contexto y con un determinado tipo de notación produciendo un determinado sentido. Cada contexto ayuda a producir sentido (permite generar un subconjunto de prácticas), pero no produce todos los sentidos. Un recurso con componentes didácticas, que se ha originado como un emergente del sistema de prácticas que permite resolver un determinado campo de problemas, con el paso del tiempo queda enmarcado en diferentes áreas de aplicación. Cada nueva aplicación que se le otorga a un determinado recurso educativo permite resolver nuevos tipos de problemas, aplicar nuevas técnicas, relacionar el recurso de una manera diferente, utilizarlo en nuevas situaciones, etc. De esta manera, con el paso del tiempo aparecen nuevos sistemas de prácticas (sentidos) que amplían el significado de los recursos educativos.

Aplicación de un Recurso con Componentes Didácticas

No podemos considerar que un recurso con componentes didácticas sea la causa eficiente (dicho en términos aristotélicos) de la realización de la práctica. Contrariamente a este punto de vista, se considera más conveniente interpretar la relación entre el recurso educativo personal y la práctica en términos de brecha, puesto que para la realización de una práctica primero hay que valorar y decidir lo que uno va a hacer, después se tiene que decidir qué secuencia de acciones es la más indicada para conseguir lo que se ha decidido y, por último, se ha de seguir un curso temporal, desde el inicio hasta el final. La consideración de la brecha implica la renuncia a la creencia de que el cerebro funciona como un sistema conducido endógenamente y que funciona con independencia del contexto. Reflexionar sobre cómo se supera esta brecha lleva a reflexionar sobre qué es una práctica con un recurso con componentes didácticas y qué hay que entender por realización de una práctica utilizando un recurso con componentes didácticas.

Se considera práctica con un recurso con componentes didácticas a toda actuación o expresión (verbal, gráfica, etc.) realizada por alguien valiéndose de un recurso, con alguna componente didáctica para resolver algún tipo de problema, comunicar a otros la solución obtenida, validarla o generalizarla a otros contextos y problemas. Una vez asumida la centralidad de la práctica se distingue la práctica de la conducta. Se considera que no podemos interpretar las conductas observables de los alumnos si no les atribuimos una finalidad. Por tanto, se distingue entre conducta humana, entendida como comportamiento aparente y observable de las personas, y la práctica (acción humana orientada a una finalidad), tanto para

quien la realiza como para quien la interpreta. Si entendemos la práctica como “una acción orientada a un fin”, podemos considerar tres intenciones diferentes, las cuales permiten considerar tres tipologías de prácticas que llamaremos:

-Operativas, toda actuación o manifestación (lingüística o no) realizada por alguien para resolver problemas,

-Discursivas o comunicativas comunicar a otros la solución, validar la solución

-Regulativas o normativas generalizarla a otros contextos y problemas.

Aunque es más conveniente pensar en una práctica como una acción compuesta en la que puede primar el componente operatorio, el discursivo o bien el regulativo. Las prácticas en las que prima el componente operatorio o actuativo nos permiten realizar “acciones” y “argumentaciones” cuya finalidad es la resolución de “situaciones problemas”. Las prácticas discursivas (comunicativas) están relacionadas con el dominio y la creación del “lenguaje” así como en su uso para la realización de “argumentaciones” que permitan dar una justificación de la validez de las acciones realizadas. Las prácticas regulativas (normativas) están orientadas básicamente a conseguir establecer “propiedades” (proposiciones) y definiciones de “conceptos”. La reflexión anterior, sobre las prácticas, hace necesario ampliar lo que se entiende por recurso con componentes didácticas y no limitarnos a los recursos con componentes didácticos prototípicos. Si se considera que para superar la brecha entre un recurso educativo personal y la aplicación práctica en la que dicho recurso es determinante, hay que considerar la activación, entre otros aspectos, de una configuración cognitiva de la que forma parte el recurso personal [5].

Los Recursos Educativos y sus Códigos

Resulta interesante tener presente que en el momento de implementar un recurso educativo tanto en el ámbito no formal de la educación como en el seno de las organizaciones escolares o institucionales, constituye un reto a superar más en el plano pedagógico que en el tecnológico, ya que su potencial depende del diseño didáctico que se haga para su empleo. Los recursos educativos tienen un código de empleo y comunicación que es necesario respetar para que su uso en el proceso de enseñanza, aprendizaje y gestión, dé los resultados que justifican su selección e incorporación. La importancia de respetar y cumplir con los códigos que le son propios por la naturaleza de los recursos educativos hace que su eficacia sea la esperada. Es evidente que el problema no está en el recurso per se, está en la preparación del personal para la correcta selección (cuál emplear y en qué momento) de acuerdo a su código. Y por último, no todo depende solo de las TICs utilizadas y su integración en los distintos procesos de enseñanza, aprendizaje y gestión. Si no también de su empleo, por una parte respetando su código y lenguaje y, por otro, del cumplimiento de las funciones didácticas que hacen posible que los alumnos aprendan.

Referencias

- [1] Etienne Wenger (1998), Pablo Peña (2001) y Antonio Garrido (2003)
- [2] Herrington, A. y Jan herrington, J. 2006 Authentic Learning Environments in Higher Education. Ed. Idea Group Publishing, Hershey, U.S.A.
- [3] Magoulas, G.D.y Chen, S.Y. 2006 Advances in Web-Based education, personalizad Learning Environments, Idea group Inc
- [4] Web - Based Intelligent e- Learning Systems, Technologies and applications, (2006) Zongmin Ma, Northeastern University, china. Idea group Inc., U.S.A.
- [5] Ghaoui, C., Jain, M. Vivek Bannore, V. L y. Jain, L. C.. 2005 .Knowledge -Based Virtual Education. User-centred Paradigms. Studies in Fuzziness and soft computing. Springer.Editors

Aproximación a la Evaluación del Riesgo Natural y Antrópico en el Marco del Plan Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Malargüe

Amalia Ramires

Municipalidad de Malargüe
Secretaría de Obras y Servicios Públicos

Introducción

El presente trabajo forma parte de la propuesta de Ordenamiento Territorial Urbano de la ciudad de Malargüe, conocida como **Macrozonificación de los Usos del Suelo para la Ciudad y oasis de Malargüe**, que culminó con la sanción de la **Ordenanza 1.426/ 07** del Honorable Consejo Deliberante en noviembre de 2007 y de las políticas de Ordenamiento Territorial iniciadas por la Municipalidad de Malargüe en el año 2006, a partir del requerimiento del Sr. Intendente Prof. Raúl Rodríguez. Las tareas vinculadas al diagnóstico territorial, comenzaron en Septiembre de 2006 en el ámbito de la Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad, con la coordinación general y el apoyo logístico del área de Catastro. El municipio malargüino conformó un equipo de trabajo con profesionales especializados en la temática y con técnicos de la institución que realizan actividades vinculadas al territorio, para que realizara el ordenamiento territorial de la ciudad y su entorno inmediato, siendo ésta la primera y más urgente de las etapas para luego avanzar en el ordenamiento de todo el departamento.

Los trabajos realizados por el equipo técnico comprendieron actividades relacionadas con el relevamiento, digitalización, elaboración de cartografía, procesamiento y análisis de información relacionada con los diferentes subsistemas territoriales: económico, social, legal y ambiental. Un aspecto fundamental en el diagnóstico ambiental de la Ciudad de Malargüe y los alrededores fue el análisis de los riesgos potenciales socio naturales, ya que ningún territorio debiera crecer sin tener en cuenta los daños potenciales y los costos que conllevan la ocurrencia de eventos adversos. En este sentido y siguiendo la metodología más adecuada al caso de Malargüe se efectuó el análisis de las amenazas, de la vulnerabilidad y la estimación de los niveles de riesgo. Éste fue mi aporte más importante al Plan de Ordenamiento Territorial, tarea a la que me aboqué la mayor parte del tiempo.

En esta primer etapa y teniendo en cuenta que el objetivo de esta fase del ordenamiento urbano fue contar con una zonificación de usos de la ciudad de Malargüe y su entorno, sólo se realiza una primer aproximación a los riesgos siconaturales más relevantes, con un enfoque cualitativo, no efectuándose un análisis pormenorizado de los mismos.

Este análisis se efectuó teniendo en cuenta la finalidad, la premisa y los objetivos del ordenamiento urbano establecidos por el Coordinador del Plan y consensuados con el equipo de trabajo [1].

A)- La finalidad del ordenamiento territorial de la ciudad de Malargüe

Para ordenar la Ciudad de Malargüe hay que imaginar un horizonte lejano (por lo menos 20 años), con objetivos generales que marquen el rumbo.

La finalidad del proceso de ordenamiento urbano de Malargüe, es la siguiente:

- **Reforzar el rol de la Ciudad de Malargüe como capital y polo impulsor de desarrollo territorial del rico y extenso territorio del sur de Mendoza, convirtiéndola en una ciudad moderna, auto sustentable, socialmente justa y ambientalmente equilibrada.**

Según (Salinas, 2.003) [2] se entiende por **desarrollo territorial al proceso de cambio progresivo, que propicia la armonía entre el bienestar de la población, el uso del territorio, la conservación y protección de los recursos naturales y las actividades productivas, a efecto de lograr el mejoramiento en la calidad de vida de la población, bajo un enfoque de sostenibilidad.**

B)- La premisa

Antes de comenzar con cualquier tarea de ordenamiento hay que tener en cuenta un aspecto fundamental, que en este caso puede considerarse como una premisa:

La ciudad de Malargüe no se puede ordenar como un espacio individual y desconectado de su entorno.

Esto es así porque la Ciudad de Malargüe no es una isla, no es un enclave separado de su entorno, sino que está inserta en un territorio complejo, en el que se dan las siguientes situaciones:

- se localiza dentro de un sistema natural -la cuenca de Llanquihue- del que depende y sobre el que actúa recíprocamente;
- es la capital político-administrativa de una región que cubre la cuarta parte de la superficie provincial;
- su realidad fue, es y será moldeada por condiciones que se encuentran fuera de los límites de la ciudad: reservas petrolíferas, mineras, recursos turísticos, actividades ganaderas, etc.;
- hechos recientes están variando la situación regional y se vislumbran nuevos roles para la Ciudad de Malargüe.

Por todo esto es necesario ordenar la Ciudad de Malargüe, su oasis circundante y la Cuenca de Llanquihue en la que se encuentra inserta como un todo integrado.

C)- Los Objetivos del Ordenamiento Urbano

Los objetivos que persigue el ordenamiento urbano son los siguientes:

- distribuir de manera equilibrada los usos del suelo para las actividades humanas en la ciudad;
- prever y encauzar el crecimiento urbano actual y futuro;
- proteger y resguardar los usos económicamente estratégicos;
- contribuir a la mejora de la calidad de vida de toda la población;
- **disminuir al mínimo posible el riesgo de origen natural y antrópico;**
- mejorar la calidad paisajística de la ciudad y su entorno, optimizando su perfil turístico;
- promover el acceso fluido y rápido a la propiedad y tenencia de la tierra en áreas urbanas, dinamizando así el crecimiento urbano y la densificación de las zonas ya urbanizadas;
- ordenar y optimizar los gastos en obra pública en función de las prioridades de desarrollo de la Ciudad;
- incorporar a la población en la gestión urbana;
- aprovechar los logros alcanzados por la Ciudad de Malargüe para reforzar la imagen y la marca Malargüe fuera del departamento.

Definición de los Escenarios de Riesgo

A)- Los objetivos del Análisis del Riesgo

Objetivo general:

Contribuir a la generación de una ciudad y oasis funcionalmente más seguros.

Objetivos específicos:

Generar información ambiental que sirva de insumo para la macro zonificación.

Analizar la dinámica ambiental desde la Teoría de la Gestión del Riesgo, para favorecer la identificación de usos incompatibles actuales y futuros.

Estimar los niveles de riesgo potencial de la ciudad y su entorno.

B)- Metodología utilizada

En esta primera etapa de trabajo y teniendo en cuenta que la finalidad del ordenamiento territorial de la ciudad, apunta entre otras cosas a que la misma, *sea auto sustentable, socialmente justa y ambientalmente equilibrada*, es imprescindible analizar el comportamiento de ciertos niveles de riesgos que han afectado o pueden afectar el funcionamiento del área

urbana y su entorno. Por otro lado, el estudio y la gestión de los riesgos siconaturales surge como una necesidad explícita en los Talleres del Plan Estratégico Malargüe de los años 2000-2001, donde concretamente la comunidad malargüina en materia ambiental – territorial manifiesta como principales problemas los siguientes:

- a) déficit en la calidad del hábitat.
- b) deterioro del ambiente y,
- c) baja capacidad de reacción de la comunidad ante catástrofes y/o riesgos siconaturales.

B.1- ¿Cómo se comportan los riesgos en Malargüe?

La metodología más conocida y probada de análisis del riesgo se basa en el estudio de una ecuación básica:

AMENAZA X VULNERABILIDAD = RIESGO

Para comprender de manera clara y sintética estos conceptos se definen los términos de la siguiente manera:

Amenazas o peligros: fenómenos que afectan a las personas y sus actividades, son considerados por la sociedad como elementos negativos ya que no sólo alteran los ecosistemas sino que afectan al ser humano a través de las víctimas que cobran y de los daños o impactos que provocan en las actividades.

El origen de éstas puede ser NATURAL (generados por la naturaleza) O ANTRÓPICO (generados por la sociedad).

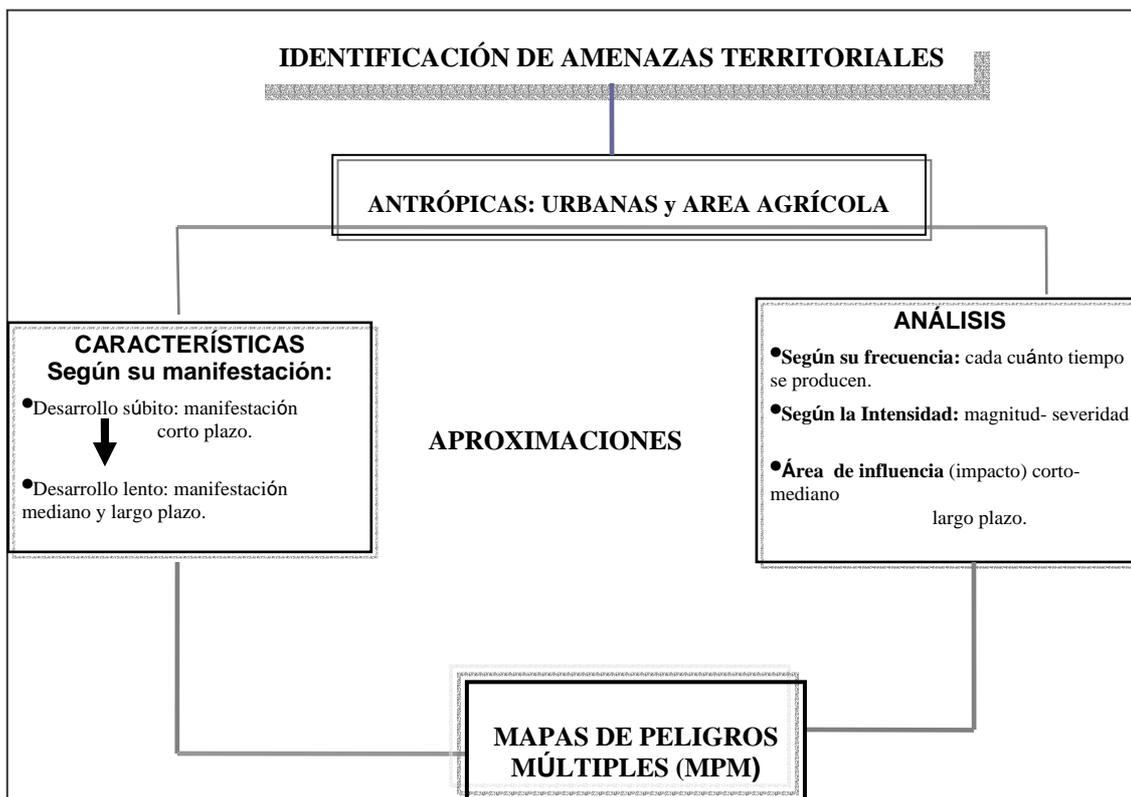
Vulnerabilidad: es el grado de **daños** susceptible de experimentar por las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas, cuando estén expuestas a la ocurrencia de un peligro.

El concepto de vulnerabilidad, por definición, es eminentemente social, por cuanto hace referencia a las características que le impiden a un determinado sistema humano adaptarse a un cambio brusco o lento en el medio, como lo es la ocurrencia de un evento adverso.

Riesgo: es el número esperado de muertos, heridos, daños a la propiedad, interrupción de las actividades económicas, e impacto social debidos a la ocurrencia un desastre natural o provocado por el hombre. Es la cuantificación de los daños.

Para analizar los riesgos se siguen tres pasos: **identificación de la amenaza, el análisis de su frecuencia y su intensidad y el conocimiento del área de influencia.** (Ver figura1).

Figura 1. Metodología análisis de amenazas



El riesgo aluvional

El peligro aluvional

La ciudad y parte del sector agrícola se encuentran insertos en la subcuenca del Pequen-Co - Durazno, que forman parte de la Cuenca de Llanquanelo. Esta característica sumada a otras condiciones del sitio tales como el relieve, la pendiente, las condiciones bio climáticas y edafológicas, más las actividades humanas, producen una vulnerabilidad importante de este sistema territorial frente a la amenaza aluvional.



Figura 2. Ubicación de ciudad y zona agrícola en la cuenca de Llanquanelo

El sitio donde se emplazan la ciudad y el oasis, en un sector de la planicie que conforma la Depresión de Llanquanelo, se caracteriza por la presencia del piedemonte al oeste, con cauces de escurrimiento temporario y permanente principalmente en dirección NE. Por otro lado, nos encontramos con un régimen de precipitaciones convectivas típicas de zonas áridas concentradas en tiempo y espacio, es decir, precipita una gran cantidad de agua en pocas horas y en un espacio reducido, provocando el aumento súbito de los caudales de los arroyos. La combinación de ambos factores genera aluviones que históricamente han impactado tanto al oasis como al sector oeste de la ciudad.

El escurrimiento de los cauces hídricos se ve incrementado por los procesos de *desertificación* a que ha sido sometida históricamente el área pedemontana. Estos procesos son desatados en gran parte por la deforestación producida a causa de varios factores. Entre ellos, podemos mencionar la tala de la cubierta arbórea y arbustiva, la implantación de cultivos de secano y prácticas de laboreo en algunos sectores, el sobre pastoreo por ganado vacuno y equino en siglos pasados y ganado caprino en la actualidad.

Otra de las causas que producen desertificación en la zona son la extracción de áridos para la construcción, la presencia de picadas y caminos en la Cuenca del Pequen- Co principalmente. Todo esto se ve empeorado al tratarse de un ambiente con suelos de escasa estructura (suelos sueltos).

Un primer análisis de la problemática se realizó a partir de la dinámica hídrica de la cuenca, identificando sus diferentes sectores. El primero de ellos corresponde a la zona de alimentación, es decir, la cuenca superior donde se recibe la mayor cantidad de aportes de agua proveniente de las nacientes. El segundo sector corresponde al piedemonte propiamente dicho, a partir del cambio de pendiente y de relieve que marcan las Bardas del oeste. En este sector los cursos fluviales básicamente transportan los sedimentos y erosionan el relieve, y los

únicos aportes de agua que reciben son producto de las lluvias que provocan el aumento súbito de los caudales y/o activan los cursos secos de la zona. El tercer sector que recorren estos cauces hídricos, es la primera franja de la planicie, el área de contacto entre el piedemonte y la ciudad. Esta es la zona de mayor peligro ya que es el área de impacto directo de los aluviones, debido a que los cauces básicamente depositan allí una gran cantidad de sedimentos grandes y medianos formando abanicos aluviales, como se observa en la imagen, arrastrados a lo largo de su recorrido.

Por último, se encuentra el sector de descarga y afloramiento, donde los cursos terminan de depositar los sedimentos más finos y gran parte del caudal se termina de infiltrar. La presencia en este sector de la napa freática a muy poca profundidad permite el afloramiento de parte del agua subterránea.

Una vez identificados los diferentes comportamientos de la cuenca, se analizaron los cauces actuales e históricos para conocer no sólo la dirección actual de los mismos, sino también la de los paleo cauces, ya que éstos tuvieron una presencia importante en décadas recientes (1.950-1.960) y pueden activarse dependiendo de la magnitud de las crecidas.



Figura 3. Dinámica hídrica de la Cuenca Pequen-Co- Durazno

Otros componentes que se tuvieron en cuenta fueron los conos aluviales, es decir, aquellos sectores donde los cursos han depositado gran cantidad de sedimentos, que son ricos en materia orgánica e inorgánica y por lo tanto han permitido la formación de suelos aptos para agricultura. Esta área de depósito de sedimentos se localiza al oeste de la ruta N° 40. Esta zona, entre la ruta y las cortinas forestales, donde justamente se encuentra el sector de mayor peligro aluvional, ya que es el área de impacto directo de estos eventos. Además se analizaron todos aquellos componentes que actúan de barreras frente a los aluviones, es decir que

“frenan” el paso del agua. Entre éstos se encuentran las cortinas forestales al oeste de la ciudad y la misma ruta 40, ya que topográficamente se ubica a mayor altura que los cauces en ese sector, y actúa como dique de contención impidiendo el escurrimiento directo del agua hacia el este. Asimismo, se tuvieron en cuenta elementos que pueden potenciar aluviones, tales como las aperturas de las cortinas forestales en las calles perpendiculares a la ruta, que se convierten en colectores cuando ocurren estos eventos. Otro ejemplo lo constituye el puente del ferrocarril cuyo ancho es muy inferior al puente que se ubica sobre la ruta 40, y de esta manera se convierte en un embudo o dique, aumentando el riesgo de inundación en el sector.

La falta y/o ineficiencia de defensas aluvionales son también causales de riesgo, ya que potencian los desbordamientos de los cauces en varios sectores, como ocurre metros antes de la confluencia del Pequen- Co – Durazno, o en la margen derecha del Pequen- Co a la altura del puente antes mencionado.

La Vulnerabilidad Aluvional

Posteriormente, se estudiaron las instalaciones críticas y usos del suelo que pueden sufrir daños frente a la ocurrencia de la amenaza. Entre las instalaciones más vulnerables se encuentran la misma ruta, el puente, el matadero frigorífico municipal, los postes de la línea de alta tensión, la planta de gas (que se encuentra anclada a 10 metros de profundidad) y las estaciones de servicio. Entre los usos del suelo que han sufrido y pueden sufrir daños están los destinados a la agricultura y el turismo.

El Riesgo Aluvional Propiamente

El análisis del peligro junto con la vulnerabilidad permitió la identificación de dos grandes áreas de riesgo aluvional. La primera se encuentra en las adyacencias de las cortinas forestales y en el sector donde se emplaza el matadero frigorífico municipal, conforma **el área de impacto directo**, es decir, donde el agua llegará con mayor intensidad, destruyendo cultivos, edificaciones e infraestructura. La segunda, el **área de inundación**, se ubica inmediatamente al este de las cortinas. En su sector norte (entre calle El Planchón y Barrio Virgen de los Vientos) llega no sólo hasta la ruta sino que a la altura del matadero comprende las fincas ubicadas al este del mismo.



Figura 4. Aluviones áreas de impacto

Aquí, el principal riesgo es la inundación de las fincas producto del “efecto dique” que produce la ruta y el desborde del arroyo por estar topográficamente a la misma altura que el matadero y por no contar con defensas aluvionales. El emplazamiento del matadero frigorífico municipal es crítico, ya que se localiza en una de las áreas de mayor riesgo. Desde su creación ha sufrido el impacto de varios aluviones afectando no sólo la parte edilicia, sino también los corrales con animales que se ubican en el sector posterior. El puente sobre la ruta representa otra instalación crítica, por el rol de comunicación que desempeña, ya que en eventos anteriores el agua ha superado el nivel del mismo “rebasando y cruzándolo. De la red vial, la calle más comprometida es la calle El Planchón, ya que se convierte en un colector de magnitud que provoca la inundación de las fincas y de instalaciones críticas del área como la estación de servicio y hoteles.

El Riesgo Antrópico

Peligros Antrópicos. Tipos y Distribución

Se consideran peligros o amenazas antrópicas a todos aquellos fenómenos y/ o procesos generados por la intervención humana, que producen daños a las personas, actividades, equipamientos e infraestructuras de un territorio. En este caso, los peligros antrópicos analizados se relacionan con actividades que pueden provocar contaminación hídrica, de suelos, atmosférica, por la falta de tratamiento de los desechos de la industria o servicios relacionados, por la presencia de sustancias de origen inflamable que pueden ocasionar incendios o explosiones, y por productos o residuos peligrosos debidos a fugas de gases tóxicos y/o derrames que además de contaminar ponen en serio riesgo la vida de personas y sus actividades.



Figura 5. Áreas con peligros antrópicos múltiples

La mayor cantidad de amenazas potenciales se localizan en el sector este, sureste y centro oeste de la ciudad y se relacionan con la presencia de actividades que manipulan: productos o sustancias peligrosas, de origen inflamable que pueden causar explosiones e incendios o que generan desechos industriales y no realizan un tratamiento previo de los mismos, potenciando la contaminación de suelos y fuentes de agua. En el extremo este de la ciudad se localizan principalmente empresas que se dedican al procesamiento de yesos y otras que ofrecen diversos servicios al sector de producción petrolera. Entre éstas se encuentran el cargamento de petróleo y actividades con productos y /o depósitos afines a la actividad; la planta fraccionadora de gas que abastece a la ciudad, el galpón de servicios públicos del municipio y la ex estación fabril de la Comisión Nacional de Energía Atómica, que realizaba parte del procesamiento del uranio. En este predio se está llevando a cabo la primera etapa del encapsulamiento de las colas de mineral de uranio. Un segundo grupo de peligros potenciales se ubica en el centro de la ciudad; aquí las amenazas son principalmente de origen inflamable y contaminante, aunque la cantidad y concentración es menor. Los generadores son ciertas empresas de servicios petroleros, aserraderos, y estaciones de servicio. Un tercer grupo, se encuentra al norte sobre la Ruta N° 40. En esta área también predominan peligros potenciales por productos o sustancias de origen inflamable debidos a la presencia de aserraderos y a las estaciones de servicio. En general, los sectores con alto nivel de peligro potencial, se ubican al oeste y este de la ciudad; los niveles medio en el centro y norte del área urbana.

Análisis de la Vulnerabilidad

Instalaciones Críticas y Redes Vitales

Para su análisis se consideró la concentración y función de las mismas dentro del sistema territorial urbano y agrícola. Respecto de las instalaciones críticas y redes vitales, la mayoría se localizan en el área céntrica y son los servicios sanitarios (Hospital Regional y centros médicos) educativos (escuelas de nivel básico, medio y superior), seguridad (Seccional 24 de Policía, bomberos, Escuadrón de Gendarmería Nacional), comerciales (Supermercados y centros comerciales de artículos para el hogar) y administrativos-financieros (bancos- correo, municipio, Concejo Deliberante, delegación de irrigación, etc.).

Las redes vitales consideradas son las que abastecen de electricidad, gas y agua y que constituyen los servicios básicos a la población. Aunque también se tuvieron en cuenta redes de hidrocarburos como gasoductos y oleoductos. La concentración de estos servicios sobre todo de las primeras mencionadas, se da en el área urbana más consolidada.

Hacia el este, sur y norte tanto las instalaciones críticas como las redes vitales van decreciendo y su localización es más dispersa a medida que disminuye la urbanización, con una escasa cobertura en el oasis.

Vulnerabilidad de los Usos del Suelo

En cuanto a la vulnerabilidad de los usos del suelo frente a las amenazas descritas, el mayor nivel por el alto grado de incompatibilidad de actividades que existe, se da hacia el este y oeste de la ciudad. Para entender como se va “construyendo el riesgo y la vulnerabilidad” en estos sectores hay que remontarse a los modelos económicos que fueron implementados “desde afuera” en el departamento, basados principalmente en el aprovechamiento de los recursos naturales, que no serán explicados en este trabajo por la necesidad de ser sintético.

Niveles de Intervención en los Escenarios de Riesgo

El Análisis del Riesgo Global

A partir de la superposición de los mapas de riesgo antrópico y aluvional, se efectuó una aproximación al nivel de **riesgo global** del oasis y la ciudad, encontrándose tres grandes áreas con alto nivel de riesgo, éstas se ubican:

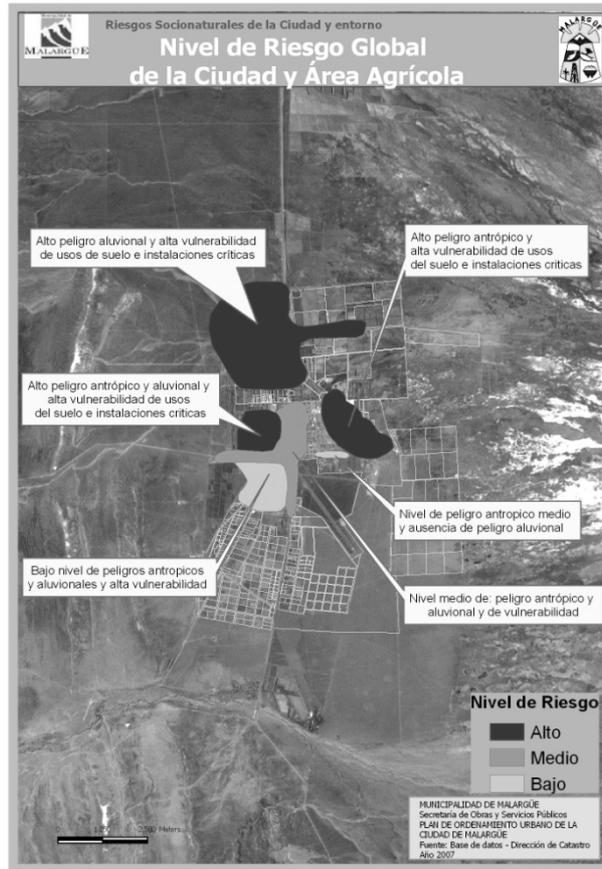


Figura 6. Áreas de Riesgo Global

- **Al noroeste de la ciudad y este del matadero frigorífico municipal**, en la franja peri urbana, donde conviven usos predominantemente agrícolas y turísticos. El alto nivel de riesgo se debe principalmente a los aluviones y a la presencia de riesgos antrópicos de origen inflamable.
- **Al oeste de la calle Villa del Milagro entre las Avenidas Roca y Prolongación Villegas**. El alto nivel de riesgo se debe fundamentalmente a la convivencia conflictiva de usos (industriales versus turísticos y agrícolas) y al impacto aluvional.
- **Al este de la ciudad (actual sector industrial)**, el riesgo es elevado debido a la convivencia conflictiva de usos que se da como consecuencia del crecimiento residencial en la periferia del área industrial.

Con nivel de riesgo medio se encuentra:

- **el centro de la ciudad, una franja aledaña a la calle Fortín Malargüe oeste y la ruta N° 40 hasta altura del cementerio**. Los peligros de origen aluvional y antrópico son de menor magnitud y recurrencia, y la vulnerabilidad de las instalaciones críticas y usos del suelo disminuye.

Las áreas con bajo nivel de riesgo se ubican al **sudoeste de la ciudad**, entre las **calles Jorge Newbery y Cuarta División este**. En estos espacios el riesgo aluvional es bajo o no existe, y los riesgos antrópicos disminuyen notablemente, debido a la menor cantidad y magnitud de las amenazas y al menor grado de vulnerabilidad.

Conclusiones

Esta primer aproximación al conocimiento de los tipos y niveles de riesgos del territorio de la ciudad y su área agrícola circundante, nos indica que este espacio convive con un nivel de riesgo importante, especialmente el norte, centro oeste y este.

Respecto, de la amenaza aluvional impacta sobre un espacio en el que la vulnerabilidad ha aumentado a través del tiempo ya que la ciudad ha crecido hacia este sector y por ende los equipamientos e infraestructuras lo han hecho en el mismo sentido. Este crecimiento no ha sido acompañado de medidas de mitigación que permitan resguardar las inversiones efectuadas y las actividades económicas del área, como la agrícola y turística.

Por otro lado, las acciones de degradación en el piedemonte, lugar que por las características geológicas y morfológicas, los cauces arrastran mayor cantidad de sedimentos, han prevalecido en el tiempo y se manifiestan en la extracción de áridos del lecho de los arroyos, desmonte y sobre pastoreo de la cubierta vegetal nativa, corte de árboles en la cortina forestal, (única barrera de protección de la ciudad frente a estos eventos), uso del suelo para cultivos. Todas estas acciones potencian el riesgo.

En cuanto a los riesgos de origen antrópico, se fueron gestando paulatinamente de la mano muchas veces de las políticas y modelos productivos implantados en el departamento. La manifestación de éstos en varios casos se agudizó, debido por un lado, a la ausencia de una política ambiental con mecanismos de control eficientes que contribuyera a la mitigación de los impactos negativos, y por otro lado a la falta de instrumentos de planificación que evitaran el crecimiento urbano hacia espacios inadecuados.

La vulnerabilidad frente a peligros de origen inflamable, contaminante y tecnológicos es elevada, no existen datos rigurosos sobre la severidad y probabilidad de ocurrencia de éstos. Es necesario, por lo tanto, generar información en este sentido, que contribuya a la aplicación de medidas de mitigación eficaces.

Queda mucho trabajo pendiente en cuanto al estudio de la manifestación de ciertos peligros, tanto en los de origen natural como en aquellos provocados por la misma sociedad. Sin duda, la inclusión de la variable RIESGO, en los planes de ordenamiento territorial y en ámbitos de investigación existentes a nivel local como ICES ("International Center for Earth Sciences), permiten el surgimiento de espacios para la generación de trabajos no sólo disciplinarios sino interdisciplinarios, con miradas más integrales y sistémicas del tema.

Por otro lado, es fundamental que el abordaje de los riesgos, se de en el marco de una política de gestión del riesgo, que incluya todo el **ciclo de manejo del evento, (Antes-Durante y Después)**, sobre todo el Antes ya que esta etapa se corresponde con la PREVENCIÓN, pudiendo en muchos casos evitarse y /o reducirse significativamente según sea su origen.

Sin dudas, la generación de conocimientos y el acceso por parte de la comunidad a los mismos, es la medida más eficaz de disminución de los niveles de riesgo, ya que la vulnerabilidad más importante suele ser el desconocimiento o la ignorancia frente a los mismos.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de la propuesta de Macrozonificación de los Usos del Suelo en la Ciudad y Oasis de Malargüe, en el contexto del Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano de la Ciudad de Malargüe y Cuenca de Llanquanelo. El equipo técnico responsable de esta tarea estuvo integrado por los siguientes profesionales: Coordinador: Lic. Arturo C. Elissonde, Arq. Sofía Donegani, Arq. Rosana Travaglini; Diseño Cartográfico: Lic. Arturo C. Elissonde; Apoyo Cartográfico: Sr. Fernando Flores, Sr. Rolando Poblete; Colaboración especial: Sr. Carlos Monjeló. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por toda la colaboración recibida durante la ejecución del mismo.

Referencias

- [1] Elissonde A. C. Coordinador de Propuesta de macro zonificación de usos del suelo de la ciudad y oasis de Malargüe; Municipalidad de Malargüe; Malargüe 2.007.
- [2]Salinas, José "Determinantes Económicos del Desarrollo Territorial". Profundización de la descentralización de Colombia. Col/99/022/DNP/PNUD, 2003.

Sistematización de Suelos. Eficiencia en la Ejecución del Proyecto en Suelos Complejos¹

Rosatto H.G.(*)
Laureda D.A.(* y **)
Villalba G.A.(*)
Botta G.F.(*)
Rodríguez Plaza L.(*)**
Atencio A.(*)**
Caso C.E.(*)
Gamboa P.(**)**

(*) Docente Investigador del Departamento Ing. Agrícola, Fac. de Agronomía – UBA

(**) Docente Investigador de la Fac. de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias – UM

(***) Docente Investigador de la Fac. de Ciencias Agrarias de la UNCU

(****) Asistente Alumno del Departamento Ing. Agrícola, Fac. de Agronomía – UB

Introducción y Antecedentes

La sistematización de los suelos, es una práctica que facilita una entrega más uniforme del agua de irrigación [1]. “Sistematizar” un terreno, es ajustar la superficie del mismo a la de un plano proyecto, cuya inclinación responda a las pendientes naturales o a las establecidas por el diseñador, de modo de lograr el menor movimiento de tierra [2].

La importancia de la textura del suelo a mover influye directamente en el porcentaje de esponjamiento. La textura tiene influencia sobre la resistencia al rodamiento que ofrece el suelo a la máquina [3]. Esta resistencia depende de las propiedades intrínsecas del material (textura) que compone al suelo original [4]. La sistematización del suelo mejora la conservación del agua en las tierras de secano. Sin embargo, los movimientos de suelo, producen a menudo una mezcla de horizontes edáficos respecto a la estratificación original y puede causar condiciones superficiales desfavorables después del movimiento realizado, dependiendo ello, de la naturaleza de los mencionados horizontes subsuperficiales. En un estudio llevado a cabo por [5], se verificó que la sistematización afectó perceptiblemente a la arena del suelo, el limo, la arcilla, y el contenido de materia orgánica, así como la estabilidad de los agregados. Pero los cambios fueron relativamente pequeños. Por lo tanto, los autores mencionados, recomiendan la sistematización de suelos para mejorar la productividad de los cultivos en suelos de secano.

En la sistematización nunca debe realizarse un movimiento de suelos sin conocer primero las condiciones del perfil y el máximo corte que puede ser realizado [2].

Los factores de importancia a tomar en cuenta en el movimiento de suelos, son el clima, la topografía, el tipo de suelo, el césped y el agua.; los cuales deben combinarse adecuadamente para la consecución de un buen resultado [2]. El “esponjamiento”, puede ser definido como un aumento del volumen del suelo al ser removido de su estado natural. Generalmente se expresa como un porcentaje de aumento de volumen sufrido, respecto del volumen original [4]. Al realizar un desmonte se produce una disminución del peso específico aparente. Luego del terraplado de un suelo, la tierra se compacta, esto es, se produce un aumento del peso específico aparente de la misma. Esto significa que si se desea rellenar un hueco de 1m³ con tierra suelta, será necesario un volumen de tierra superior al metro cúbico mencionado. Como resultado de estos dos fenómenos al hacer un movimiento de suelos el volumen de desmonte debe superar en un cierto porcentaje al volumen de terraplén [6], citado por [2]. El movimiento de tierra con equipos pesados no se realiza con un 100 % de eficiencia, ya que parte del material se pierde en el acarreo, pero muy especialmente, por la compactación del material. Por estas razones, en un cálculo aproximado del movimiento de tierra, se recomienda incrementar en un 30 % el volumen calculado [7]. Otros autores [3] y [8], entre otros, proponen tablas con distintos coeficientes de esponjamiento de acuerdo a la textura del suelo.

¹ El presente Trabajo es l resultado de parte de los estudios financiados por el proyecto “Sistematización de Superficies: Comportamiento del Suelo Removido” – Programación Científica de la Universidad de Morón

En el área del eje Pilar – La Plata, los suelos son complejos y asociaciones de difícil manejo en su sistematización.

Objetivo: Estudiar el suelo removido antes y luego de la tarea de sistematización para determinar un índice de precisión: el RMSE.

Materiales y Métodos

La nivelación areal, también llamada en grilla o cuadrícula, es el procedimiento habitual de obtención de las cotas de terreno en predios a sistematizar, como es el caso de la construcción de campos deportivos [6].

Normalmente las operaciones de movimiento de suelos tienen un límite de tolerancia de +/- 3 cm. [6]. La nivelación areal, suele realizarse con instrumental topográfico mayor, como el nivel de anteojo, de burbuja o automático, e inclusive con nivel de rayo laser, lo que asegura la precisión del centímetro en la determinación de los desniveles ([9]; [10]).

Se determinaron tres áreas de ensayo: con suelo predominantemente arcilloso, todas ellas en el eje Pilar – La Plata, con el objeto de contar con tres repeticiones del ensayo.

En los distintos sitios de ensayo, se replanteó a campo (con cinta y goniómetro) una cuadrícula (de 25 metros de lado), tamaño acorde al relieve y áreas (de aproximadamente 5 has.) de las parcelas estudiadas. Luego se determinó (con nivel de anteojo) la altura relativa de los vértices de la cuadrícula (previamente estaqueados) al cm. Se procedió al cálculo de los proyectos de sistematización por el método del centroide corregido y pendientes medias [11].

Se replantearon los proyectos a campo y se controlaron luego del movimiento de suelos, a fin de establecer la diferencia existente entre lo proyectado y lo real. Una medida ampliamente utilizada para determinar la exactitud de las sistematizaciones realizadas, es una medida de dispersión, el RMSE (Root Mean Square Error).

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_j)^2}{N}}$$

donde, y_i es el valor de altura de proyecto, y_j es la altura real luego de realizado el movimiento de tierra y N es el número de pares de valores modelados.

Resultados y Discusión

Como resultado de las etapas arriba descriptas, se obtuvieron 70 pares de valores modelados para cada una de las tres repeticiones.

Se determinó el RMSE, a partir de los errores hallados entre lo proyectado y lo construido en las 70 observaciones realizadas para cada sitio (Ver Tabla 1).

Nro. de muestra	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Cuadrado de los Errores (cm ²)		
	Cota de Proy. (m) (y _i)	Cota de Construcción (m) (y _j)	Error (cm) (y _i - y _j)	Cota de Proy. (m) (y _i)	Cota de Construcción (m) (y _j)	Errores (cm) (y _i - y _j)	Cota de Proy. (m) (y _i)	Cota de Construcción (m) (y _j)	Error (cm) (y _i - y _j)	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
1	39,27	39,34	-7	59,44	59,55	-11	58,56	58,59	-3	49	121	9
2	39,29	39,35	-6	59,40	59,51	-11	58,56	58,60	-4	36	121	16
3	39,31	39,36	-5	59,36	59,41	-5	58,56	58,62	-6	25	25	36
4	39,33	39,41	-8	59,32	59,32	0	58,56	58,64	-8	64	0	64
5	39,35	39,46	-11	59,28	59,28	0	58,56	58,65	-9	121	0	81
6	39,37	39,44	-7	59,24	59,24	0	58,56	58,60	-4	49	0	16
7	39,39	39,49	-10	59,20	59,17	3	58,56	58,56	0	100	9	0

8	39,41	39,49	-8	59,16	59,16	0	58,56	58,62	-6	64	0	36						
9	39,43	39,45	-2	59,12	59,05	7	58,56	58,56	0	4	49	0						
10	39,45	39,50	-5	59,08	59,04	4	58,56	58,56	0	25	16	0						
11	39,47	39,51	-4	59,04	58,98	6	58,56	58,61	-5	16	36	25						
12	39,49	39,49	0	59,00	58,98	2	58,56	58,56	0	0	4	0						
13	39,51	39,48	3	58,96	58,96	0	58,56	58,52	4	9	0	16						
14	39,53	39,60	-7	59,59	59,68	-9	58,70	58,75	-5	49	81	25						
15	39,55	39,46	9	59,55	59,64	-9	58,70	58,73	-3	81	81	9						
16	39,36	39,28	8	59,51	59,62	-11	58,70	58,70	0	64	121	0						
17	39,38	39,44	-6	59,47	59,57	-10	58,70	58,74	-4	36	100	16						
18	39,40	39,45	-5	59,43	59,48	-5	58,70	58,72	-2	25	25	4						
19	39,42	39,44	-2	59,39	59,44	-5	58,70	58,72	-2	4	25	4						
20	39,44	39,42	2	59,35	59,39	-4	58,70	58,73	-3	4	16	9						
21	39,46	39,43	3	59,31	59,35	-4	58,70	58,73	-3	9	16	9						
22	39,48	39,41	7	59,27	59,32	-5	58,70	58,73	-3	49	25	9						
23	39,50	39,39	11	59,23	59,23	0	58,70	58,74	-4	121	0	16						
24	39,52	39,43	9	59,19	59,26	-7	58,70	58,76	-6	81	49	36						
25	39,54	39,48	6	59,15	59,15	0	58,70	58,74	-4	36	0	16						
26	39,56	39,45	11	59,11	59,11	0	58,70	58,64	6	121	0	36						
27	39,58	39,50	8	59,72	59,76	-4	58,84	58,90	-6	64	16	36						
28	39,60	39,50	10	59,68	59,78	-10	58,84	58,84	0	100	100	0						
29	39,62	39,65	-3	59,64	59,72	-8	58,84	58,76	8	9	64	64						
30	39,48	39,48	0	59,60	59,66	-6	58,84	58,84	0	0	36	0						
31	39,50	39,50	0	59,56	59,59	-3	58,84	58,84	0	0	9	0						
32	39,52	39,56	-4	59,52	59,52	0	58,84	58,84	0	16	0	0						
33	39,54	39,58	-4	59,48	59,52	-4	58,84	58,84	0	16	16	0						
34	39,56	39,62	-6	59,44	59,47	-3	58,84	58,82	2	36	9	4						
35	39,58	39,62	-4	59,40	59,40	0	58,84	58,80	4	16	0	16						
36	39,60	39,68	-8	59,36	59,36	0	58,84	58,84	0	64	0	0						
37	39,62	39,68	-6	59,32	59,36	-4	58,84	58,84	0	36	16	0						
38	39,64	39,69	-5	59,28	59,32	-4	58,84	58,80	4	25	16	16						
39	39,66	39,72	-6	59,24	59,29	-5	58,84	58,84	0	36	25	0						
40	39,68	39,75	-7	59,83	59,83	0	58,98	58,98	0	49	0	0						
41	39,70	39,76	-6	59,79	59,79	0	58,98	58,98	0	36	0	0						
42	39,72	39,70	2	59,75	59,82	-7	58,98	58,98	0	4	49	0						
43	39,74	39,74	0	59,71	59,80	-9	58,98	58,98	0	0	81	0						
44	39,36	39,39	-3	59,67	59,75	-8	58,98	59,01	-3	9	64	9						
45	39,38	39,40	-2	59,63	59,67	-4	58,98	58,96	2	4	16	4						
46	39,40	39,40	0	59,59	59,57	2	58,98	58,96	2	0	4	4						
47	39,42	39,42	0	59,55	59,58	-3	58,98	58,93	5	0	9	25						
48	39,44	39,46	-2	59,51	59,56	-5	58,98	58,94	4	4	25	16						
49	39,46	39,44	2	59,47	59,47	0	58,98	58,98	0	4	0	0						
50	39,48	39,50	-2	59,43	59,43	0	58,98	59,02	-4	4	0	16						
51	39,50	39,55	-5	59,39	59,39	0	58,98	58,95	3	25	0	9						
52	39,52	39,54	-2	59,35	59,39	-4	58,98	58,98	0	4	16	0						
53	39,54	39,61	-7	59,92	59,92	0	59,12	59,12	0	49	0	0						
54	39,56	39,62	-6	59,88	59,88	0	59,12	59,12	0	36	0	0						
55	39,58	39,58	0	59,84	59,90	-6	59,12	59,17	-5	0	36	25						
56	39,60	39,62	-2	59,80	59,90	-10	59,12	59,17	-5	4	100	25						
57	39,62	39,67	-5	59,76	59,84	-8	59,12	59,18	-6	25	64	36						
58	39,29	39,24	5	59,72	59,70	2	59,12	59,16	-4	25	4	16						
59	39,31	39,27	4	59,68	59,66	2	59,12	59,2	-8	16	4	64						
60	39,33	39,24	9	59,64	59,69	-5	59,12	59,16	-4	81	25	16						
61	39,35	39,29	6	59,60	59,60	0	59,12	59,09	3	36	0	9						
62	39,37	39,34	3	59,56	59,56	0	59,12	59,12	0	9	0	0						
63	39,39	39,31	8	59,52	59,52	0	59,12	59,17	-5	64	0	25						
64	39,41	39,36	5	59,48	59,52	-4	59,12	59,09	3	25	16	9						
65	39,43	39,46	-3	59,44	59,49	-5	59,12	59,12	0	9	25	0						
66	39,45	39,45	0	59,99	59,71	28	59,26	59,26	0	0	784	0						
67	39,47	39,45	2	59,95	59,95	0	59,26	59,30	-4	4	0	16						
68	39,49	39,42	7	59,91	59,96	-5	59,26	59,31	-5	49	25	25						
69	39,51	39,49	2	59,87	59,93	-6	59,26	59,31	-5	4	36	25						
70	39,53	39,63	-10	59,83	59,87	-4	59,26	59,35	-9	100	16	81						
<i>Sumatoria del Cuadrado de los Errores:</i>										2	3	3	9	2	6	2	6	1079
<i>Número de muestras:</i>										70			70					
<i>RMSE (en centímetros):</i>										5,8			6,1			3,9		

Tabla 1: Determinación del RMSE

De los resultados expuestos, se puede establecer, que para los suelos de las zonas ensayadas, con una fuerte componente arcillosa, los RMSE, varían entre 4 y 6 cm.

Análisis Estadístico

Para corroborar estas observaciones, se procede (a partir de las variancias muestrales) a la comparación de las variancias poblacionales utilizando el estadístico "F" de G.W. Snedecor

[12]. Se propuso una hipótesis nula (H0) de igualdad entre las variancias y una hipótesis (H1) de desigualdad, tenemos entonces para cada muestra de datos apareados:

S1 (variancia muestral parcela 1) = 6,1 cm
 S2 (variancia muestral parcela 2) = 5,8 cm
 Grados de libertad: 70 en ambos casos
 Nivel de significancia del 1% (0.01)

$$F \text{ (calculada)} = \frac{S1}{S2} = \frac{6,1 \text{ cm}}{5,8 \text{ cm}} = 1,05$$

F (de tabla) = 1,79 (valor crítico)

Como el valor calculado es inferior al valor crítico, se acepta la hipótesis de igualdad de variancias, lo que demuestra que los tratamientos son equivalentes. Realizando el mismo cálculo para las restantes combinaciones de variancias muestrales, obtenemos (tabla 2):

	Varianzas Muestrales		
	Parcelas 1y2	Parcelas 2y3	Parcelas 1y3
F calculada (S1/S2)	1,05	1,56	1,49
F de tabla (para 1% de significancia y 70 grados de libertad)	1,79 (^{70/70} y 0.01)		

Tabla 2: comparación de las variancias poblacionales utilizando el estadístico "F"

Los datos demuestran que el valor calculado es inferior al valor crítico en todas las combinaciones de variancias muestrales analizadas, lo que demuestra que los tratamientos son equivalentes en las tres áreas ensayadas. Para verificar si existen diferencias significativas de las variaciones del RMSE, se utilizará el test de Duncan. El test de "Duncan" basado en la amplitud total mínima significativa (*shortest significant range*), es utilizado para comparar el contraste entre la mayor y la menor de las medias. El test es exacto cuando el número de repeticiones es el mismo para todos los tratamientos (Pimentel Gomez, 1978):

$$D = z \frac{s}{r}$$

z: es el valor de amplitud total mínima significativa al nivel del 5 % o del 1 % (obtenido de tabla).
 s: es el desvío estándar del error.
 r: es el número de repeticiones.

Luego dicho valor D se compara con la diferencia entre la mayor y la menor de las medias a fin de establecer si existe diferencia significativa entre ellas. Es de hacer notar que si no hay diferencias significativas, por el test de Duncan (entre la mayor y la menor), no se admiten diferencias significativas por el mismo test entre medias intermedias (Pimentel Gomez, 1978).

Se propuso una hipótesis nula (H0) de igualdad entre las medias de las tres repeticiones y una hipótesis (H1) de desigualdad. Se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 3):

	Ensayos		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Medias Ensayos	m1= 4,90	m2= 4,23	m3= 2,96
May.- Men.	Media Mayor – Media menor = m1 – m3 = 4,90 – 2,96 = <u>1,94</u>		
Duncan Calculado	Duncan Calculado = D (^{3/210} y 1 %) = <u>1,95</u> 1,94 es menor que 1,95		

Tabla 3: Test de Duncan

Del análisis, surge la validación de la hipótesis nula (H_0) de igualdad entre las medias de las tres repeticiones estudiadas.

Conclusiones

Los índices de precisión determinados (RMSE), permiten asegurar que para las condiciones estudiadas, de suelos arcillosos complejos, no puede asegurarse en la sistematización de terrenos valores inferiores a los cuatro centímetros de diferencia entre lo proyectado y lo construido.

Referencias

- [1] Brye, K.R., Slaton, N.A., Savin, M.C., Norman, R.J., Miller, D.M. 2003. "Short-term effects of land leveling on soil physical properties and microbial biomass". Volume 67, Issue 5, September 2003, Pages 1405-1417 Soil Science society of America Journal.
- [2] Rodríguez Plaza Luis. 2000. Modelo matemático de nivelación de parcelas agrícolas en zonas regadías. Edición Propia. 111 páginas.
- [3] Atencio A. y L. Rodríguez Plaza. 1999. Nivelación de terrenos por el método FCA. En Topografía Agrícola. Ed. EDIUNC, Mendoza. 325 pp.
- [4] García G.J e G.C.R. Piedade. 1989. Topografía aplicada as Ciencias Agrarias. Ed. Nóbél. 256 páginas. Brasil.
- [5] Unger, P.W., Fulton, L.J., Jones, O.R.. 1990. "Land-leveling effects on soil texture, organic matter content, and aggregate stability". Journal of Soil & Water Conservation, Volume 45, Issue 3, 1990, Pages 412-415.
- [6] Servicio de Conservación de Suelos (SCS). USDA. 1972. Nivelación de terrenos. Ed. Diana, México.
- [7] Peña McCaskill, Luís. 1995. Apuntes de conservación de suelos. Ed. de la Universidad de Concepción, 167 páginas. Chile.
- [8] Nichols Herbert L. 1966. Movimiento de Tierras. Ed. Compañía Editorial Continental S.A., México. 1111 páginas.
- [9] Hourcade, M.D. 1998. Levantamientos planialtimétricos no taquimétricos. pp 50-72 En: Curso de Topografía Agrícola 2da parte. CEABA. Buenos Aires, Argentina.
- [10] Ibáñez C., M. 1994. Nivelación y movimiento de suelo. Bol. de extensión nº 29. Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- [11] Laureda Daniel A. 2005. Nivelación Areal, Sistematización y Replanteo del Proyecto de sistematización. En el libro Topografía para Espacios Verdes. Ed. FAUBA, Pág. 150-162.
- [12] Pimentel Gómez, F.; 1978. Curso de Estadística Experimental. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. Argentina. 323 pp.

Evaluación de Indicadores Tempranos de Sustentabilidad Nutricional desde el Análisis de Sistemas Agropecuarios Productivos de Zonas Áridas y Semiáridas*

**Scotti A.,
Stasi C.R.,
Guevara J.C.**

Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICyT, Mza.),
Laboratorio de Investigación y Desarrollo Municipalidad de San Rafael, Argentina

Introducción

Los parámetros bioquímicos propuestos como herramientas disponibles para la toma de decisiones con una perspectiva sistémica son la relación entre Nitrógeno ureico y Creatinina (Nu/Cr) y la relación entre Calcio y Creatinina (Ca/Cr) en orina basal. Estos parámetros permiten determinar alteraciones metabólicas y fisiológicas, reservas disminuidas y reservas recientemente agotadas. Todas ellas son condiciones que se encuentran por debajo del horizonte clínico y que permiten registrar fallas metabólicas producidas por déficit antes que aparezcan signos visibles de carencia, establecer conductas de realimentación, fijar patrones correctos de referencia para determinar recuperación y evaluar la utilidad de un programa alimentario y/o de una terapia. De todos los factores que inciden para que un animal sufra un proceso de déficit nutricional, el alimento es sólo uno de ellos. La deficiencia nutricional en general y la desnutrición como su caso particular son la resultante de las interacciones entre el individuo y su medio ambiente. En el periodo de prepatogénesis existe un equilibrio entre el agente que es el alimento, su huésped y los factores ambientales, si ese equilibrio se rompe, el animal ingresa al periodo de patogénesis y es en este periodo y por debajo del horizonte clínico que los estudios bioquímicos son particularmente útiles, cuando se quiere considerar una actitud preventiva frente a daños irreversibles. En el periodo de patogénesis avanzada estos parámetros también son útiles para la aplicación de programas ecológicos de conservación de animales en peligro de extinción debido a que en época invernal la medición de estos parámetros indica consumo proteico endógeno en restricción severa. El muestreo periódico de Nu/Cr y Ca/Cr en orina basal permite realizar la correlación entre velocidad de recambio del tejido óseo, crecimiento, utilización de proteínas, ingesta cálcico-proteica, asimilación cálcico-proteica, estado fisiológico y edad. Estos parámetros como indicadores del estado nutricional presentan características que nos permiten clasificarlos como apropiados por su sensibilidad y robustez. La determinación periódica de Nu/Cr y Ca/Cr en orina basal permite realizar la correlación entre velocidad de recambio del tejido óseo y proteico, crecimiento, utilización de proteínas, ingesta cálcico-proteica, asimilación cálcico-proteica y estado fisiológico, considerándose por lo tanto indicadores del estado nutricional. Este trabajo se enmarca en un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID 23189) financiado por FONCyT-SECyT Ministerio de Educación, Ciencia y Técnica de la Nación (2007-2010).

Bases Metabólicas de los Parámetros Propuestos

Nitrógeno ureico/creatinina (Nu/Cr)

En los rumiantes los productos finales del catabolismo proteico son la urea, los compuestos nitrogenados relacionados, CO₂ y agua. (50). Si el contenido calórico de los alimentos ingeridos es menor que el gasto de energía, esto es, si el balance es negativo, se utilizan las reservas endógenas; el glicógeno, las proteínas y las grasas son catabolizadas y el individuo pierde peso (8,10,11,27,30,41,46,49). Por el contrario, si el valor calórico de los alimentos ingeridos excede a la pérdida de energía debido a la disipación de calor y al trabajo, y si los alimentos son digeridos y absorbidos adecuadamente, es decir si el balance es positivo, la energía es almacenada y el individuo aumenta de peso (7,19,20,21,22,24,31,38). Las proteínas se sintetizan y se catabolizan con una velocidad diferente según el tejido en que se encuentren, así es que la velocidad de recambio de las proteínas endógenas en humanos tiene un promedio 80-100 g/día, siendo el más alto en la mucosa intestinal y nulo en el colágeno. Durante el crecimiento el equilibrio entre los aminoácidos y las proteínas corporales se

desplaza hacia las últimas de manera que la síntesis excede a la degradación. La mayor parte del amoníaco formado por la desaminación de los aminoácidos en el hígado es convertida en urea y ésta es excretada en la orina. La síntesis a través del ciclo de la urea (ciclo de Krebs-Henseleit) implica la conversión del aminoácido ornitina en citrulina y luego en arginina, después de lo cual se regenera la ornitina y se separa la urea. El dióxido y el amoníaco son introducidos en el ciclo por moléculas "portadores" cuya formación requiere ATP. Por otra parte la creatina es sintetizada en el hígado partiendo de la metionina, de la glicina y de la arginina. En el músculo esquelético la creatina es fosforilada para formar fosfocreatina. Esta es el almacén de respaldo para la síntesis de ATP. El ATP formado por la glucólisis y la fosforilación oxidativa reacciona con la creatina para formar ADP y grandes cantidades de fosfocreatina. Durante el ejercicio la reacción es revertida manteniendo el aporte de ATP que es la fuente inmediata de energía para la contracción muscular. La creatinina de la orina proviene de la fosfocreatina. La creatina no es convertida directamente en creatinina. La tasa de excreción de creatinina es relativamente constante de día a día dependiendo de la masa muscular (4). La cantidad de nitrógeno urinario es un indicador de la cantidad de proteínas y de aminoácidos degradados irreversiblemente. Cuando un animal se alimenta con una dieta baja en proteínas pero calóricamente adecuada la excreción de urea y de sulfatos inorgánicos y etéreos declina. La excreción de creatinina no es afectada, la excreción de creatinina proviene de procesos relacionados con la masa muscular pero no es afectada por la ingestión de proteínas. La excreción de nitrógeno total no cae más allá de un valor umbral que en humanos es de 3,6 g/día durante la falta de proteínas cuando la dieta es calóricamente adecuada, debido al balance nitrogenado negativo producido por la deficiencia de aminoácidos esenciales. Con una dieta que también es inadecuada en calorías la excreción de nitrógeno ureico es en promedio 10 g/día en humanos porque las proteínas son catabolizadas para obtener energía. (9,18, 25,43) El nitrógeno amoniacal se mantiene constante con la ingesta, y el ácido úrico se mantiene constante en un 50 %. La excreción urinaria de ciertos nutrientes o sus metabolitos en orina basal puede ser utilizada como indicador dinámico de estado nutricional cuando se la relaciona a la de creatinina. Diversos estudios realizados en niños muestran que el análisis de los metabolitos en orina basal en relación a la creatinina excretada presenta una respuesta no lineal en función de la ingesta. Estos estudios describen una función de tipo parabólica con segmentos de parábolas de distinta amplitud, de acuerdo al estado nutricional previo; dichas parábolas pueden descomponerse en dos rectas de diferente pendiente, en las que el punto de inflexión proyectado sobre la abscisa corresponde a la cifra de ingesta que cubre las necesidades (6,40,44,50). El calcio es almacenado en el organismo en cantidad considerable y existen mecanismos homeostáticos para retenerlos en los estados de depleción, en estos casos la relación metal/creatinina se mantendrá en valores muy bajos aunque las ingestas sean elevadas, pero se incrementará en función de la ingesta a partir del momento en que los depósitos hayan sido replecionados. Todo esto indicaría que esta relación sólo permite evaluar ingesta actual cuando no existe depleción o incapacidad de utilizar el metal de los depósitos. El establecimiento del punto de inflexión, para determinada edad y condición fisiológica, permitirá contar con un valor mínimo de referencia por debajo del cual puede asegurarse que las necesidades no son cubiertas y por encima del cual se asegure un estado nutricional aceptable (23,33,38,39).

Relación Ca/Cr como Indicador de Crecimiento Normal

La homeostasis del calcio está gobernada por el control biológico de los procesos de absorción intestinal, reabsorción tubular renal y formación y resorción ósea. Además si bien durante el periodo de crecimiento la velocidad de recambio depende de la ingesta, también tendrá que estar relacionada con la velocidad de ganancia ponderal. En niños cuando la relación Ca/Cr se representa en función de la velocidad de crecimiento para rangos fijos de ingesta de calcio, se está demostrando que para una misma ingesta promedio el valor del indicador depende de la ganancia ponderal. En individuos sanos, la velocidad de recambio del tejido óseo depende directamente de la ingesta y se refleja en la excreción urinaria de calcio en orina basal. Los resultados sugieren la dependencia de la relación Ca/Cr en orina basal con la velocidad de recambio del calcio óseo y su futura utilidad para establecer la adecuación nutricional con respecto a este elemento mineral. Para explicar estos hallazgos pueden utilizarse elementos de la teoría de los compartimentos, según la cual se supone que en los animales en crecimiento existen dos tipos de tejido óseo: el nuevo que para su formación extrae Ca del pool y el ya formado que se encontraría en equilibrio con el pool. En este último

tipo de tejido óseo durante el proceso de maduración, el equilibrio se encontraría desplazado hacia el depósito implicando un aumento de la concentración de calcio en hueso. En los animales normales debe existir una relación constante entre la retención de calcio y el incremento de peso para que no se altere la composición corporal normal, lo que se lograría con la ingesta recomendada. Todo aumento en la ingesta por encima de esas cifras se traducirá en un incremento en la velocidad de recambio del tejido óseo y consecuentemente en la relación Ca/Cr. En el desnutrido la formación de nuevo tejido es mínima por lo que la velocidad de recambio de tejido ya formado estaría reducida al mínimo. Durante la recuperación se retendrá calcio en grandes cantidades para alcanzar la composición corporal normal hasta compensar la deficiencia y lograr la repleción de los depósitos (16). La velocidad de recambio en ese lapso no se alterará en gran medida y en consecuencia la relación Ca/Cr será baja y no sufrirá grandes cambios. Sólo a partir del momento de la repleción, la relación Ca/Cr aumentará en función de la ingesta. Es un índice de aplicación práctica para el seguimiento de la eficiencia de programas de ayuda alimentaria. (3, 32,34,35,36,45).

Objetivos

1. Detectar fallas metabólicas producidas por déficit antes que aparezcan signos visibles de carencia.
2. Fijar patrones correctos de referencia para determinar recuperación.
3. Establecer terapias de realimentación en base de diagnósticos tempranos específicos.
4. Relacionar la evaluación bioquímica del estado nutricional con el peso, crecimiento, desarrollo puberal y ciclicidad hormonal en rumiantes criados en zonas áridas.
5. Identificar riesgo nutricional severo en restricción invernal en animales salvajes.
6. Utilizar estos parámetros como indicadores de riesgo ecológico en animales en peligro de extinción.
7. Utilizar los parámetros Ca/Cr y Nu/Cr en orina basal como indicadores tempranos de la degradación de recursos bioquímicos y biológicos que sustentan el desarrollo normal del animal.
8. Utilizar estos parámetros para evaluar la utilidad de un manejo productivo, programa alimentario y/o de una terapia.

Metodología

Dentro del marco teórico descripto se analizarán dos sistemas agropecuarios productivos de la siguiente manera:

Rumiantes mayores: se recolectarán muestras de sangre y orina de diversas condiciones fisiológicas en ganado bovino alimentado a pastura natural en la Estación experimental "El Divisadero" IADIZA-CONICET ubicada en el centro-norte de la llanura de Mendoza (33°45'S y 67°41'O). La vegetación de Divisadero es un arbustal y sabana xerofíticos de *Prosopis flexuosa* DC. El estrato herbáceo esta dominado por *Panicum urvilleanum* Kunth y *Capparis atamisquea* Kuntze es la principal especie leñosa. Se efectuarán los muestreos de orina en concordancia con estados fisiológicos de los animales y fases fonológicas vegetativas de distintos recursos forrajeros.

Rumiantes menores: se recolectarán muestras de sangre y orina de diversas fases fisiológicas en ganado caprino alimentado a pastura natural en el campo de productores de San Rafael y se tendrán los grupos controles en CRICyT (12,13,14,15,16,26,42,47).

Para estos sistemas agropecuarios productivos se medirán los parámetros bioquímicos, la condición corporal y el peso en vacas de raza Aberdeen Angus y en cabras de raza criolla alimentadas con pasturas naturales y registro de la MS/ha, y la carga animal, dispuestas en los siguientes grupos:

Grupo A Rumiantes Mayores

Grupo B Rumiantes Menores

Ambos grupos están constituidos por 10 animales hembras a las cuales se les realiza toma de muestra de orina y sangre para determinar parámetros nutricionales (Ca/Cr, Nu/Cr, sustancias cetónicas en orina) y ciclicidad de progesterona en sangre como indicador de edad

puberal, junto con LH, PRL y GH. Estos 10 animales van a ir pasando por los siguientes grupos fisiológicos:

Grupo 1: hembras en crecimiento alimentadas con lactancia natural

Grupo 2: hembras prepúberes

Grupo 3: hembras púberes

Grupo 4: hembras adultas vacías

Grupo 4: hembras preñadas

Grupo 5: hembras en lactancia

Grupo 6: hembras preñadas y en lactancia

Grupo control positivo (Gc+)

Esta constituido por un Gc+A y un Gc+B , ambos están formados por 6 animales que pastorean junto a los demás animales y que además reciben complemento alimentario.

Grupo control negativo (Gc-)

Esta constituido por un Gc-A y un Gc-B, ambos están formados por 6 animales que pastorean en potreros con baja disponibilidad de MS/ha.

Relevancia y Justificación

Los parámetros bioquímicos propuestos permiten determinar alteraciones metabólicas y fisiológicas, reservas disminuidas y reservas recientemente agotadas antes que aparezcan signos y síntomas clínicos. Por estas características es que son parámetros preventivos para la detección de deficiencias nutricionales. Sabemos que trabajar en la toma de decisiones sobre la base de resultados obtenidos mediante indicadores preventivos posee amplios beneficios:

1. La situación patológica es diagnosticada tempranamente y no genera secuelas
2. Los efectos de la enfermedad no llegan a repercutir de forma irreversible
3. La recuperación es más rápida.
4. Los programas preventivos son económicamente más eficientes.

En el sistema productivo la intensificación de la producción pecuaria en zonas áridas puede comprometer la propia capacidad productiva del ecosistema a escalas de tiempo y espacio que normalmente escapan a la percepción de quienes planifican y toman decisiones sobre el uso de la tierra. El mantenimiento del potencial productivo de los recursos físicos y biológicos que sustentan los sistemas de producción agropecuaria requiere de la existencia de indicadores tempranos sobre distintos procesos de degradación, capaces de ser usados para reorientar a tiempo el manejo de esos sistemas así como optimizar la crianza del ganado existente en el momento del relevamiento. Cuanto más sepamos de las deficiencias nutricionales del animal y del grado de alteración de su metabolismo más fácil resultará volverlo a la normalidad ya que el animal con deficiencia nutricional es particularmente sensible a los problemas de equilibrio entre nutrientes y por consiguiente no sólo hay que proporcionarles los alimentos sino los alimentos en forma y proporción más adecuada a su condición.

Impacto sobre el Medio Ambiente

- a. Durante etapa de investigación , desarrollo y transferencia:

Las modificaciones necesarias para realizar este trabajo implican la adaptación y construcción de infraestructura en el campo experimental Divisadero para la introducción de los animales, lo cual no genera impacto ambiental negativo, sino por el contrario se dispondrá de mayor cantidad de potreros, aguadas y corrales que se traducen en un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. El procesamiento de las muestras y las determinaciones bioquímicas necesarias se realizaran en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Municipalidad de San Rafael destinado a tal fin, el cual cuenta con la infraestructura necesaria para procesar las muestras y eliminar los desechos de manera apropiada.

b. Durante la aplicación de los resultados:

La aplicación de los resultados implica la realización de los análisis en campo y la toma de decisiones en base a los resultados para corregir deficiencias nutricionales. No se genera impacto ambiental negativo.

Riesgo Tecnológico del Proyecto

Puede suceder que los parámetros propuestos no sean lo suficientemente robustos y sensibles para poder aplicarlos a estudios de campo. También puede suceder que la población utilizada en las pruebas piloto presente patologías de base que interfieran con el comportamiento de estos parámetros.

Resultados Esperados del Proyecto

1. Determinar si los parámetros bioquímicos propuestos son aptos para evaluar el estado nutricional en rumiantes.
2. Confeccionar un nomograma de estos parámetros en función de la edad y estado fisiológico.
3. Establecer valores umbrales donde los requerimientos son cubiertos.
4. Medir la respuesta a distintas formas de suplementación alimentaria.
5. Relacionar estos parámetros con el inicio de la edad puberal, la fertilidad, el peso de la cría al nacer y la producción de leche.

Resultados a Transferir y Plan de Transferencia y Adopción

Los resultados esperados en rumiantes descritos anteriormente tienen un alto grado de transferencia en el ámbito científico en general y en los sectores involucrados en la producción ganadera en particular. Los resultados enumerados como 2,3,4 y 5 tienen un especial impacto en los fabricantes de alimento balanceado para la comprobación de los beneficios nutricionales del mismo. Como plan de transferencia se realizará un plan de difusión científica mediante *conferencias*, en Universidades, Cámaras ganaderas, Colegios profesionales, *publicaciones*, *Congresos*, *etc.* y se promocionarán los beneficios mediante la Dirección de Promoción Económica de la Municipalidad de San Rafael y el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Municipalidad de San Rafael. También se convocará a las industrias de alimentos balanceados y a los profesionales en el campo de la Tecnología de Alimentos para ofrecer el servicio de control del resultado nutricional de sus productos.

Resultados Preliminares -Primer Cuatrimestre de Desarrollo

Durante la etapa de la preparación de los animales a muestrear se realizó inseminación artificial (I.A.) en bovinos aplicando un método nuevo que constituye un modelo de utilidad de la técnica de ELISA. Mediante este método se pueden medir hormonas en campo directamente sin utilizar equipamiento sofisticado y se puede determinar celo y preñez temprana (21-25 días post- I.A.). Se obtuvo una eficiencia en la técnica de I.A. del 78 %. El método se basa en la diferencia hormonal que existe comparando la medición de progesterona durante el celo y la preñez al día 21-25 post- I-A. Las mediciones bioquímicas se realizan aplicando una modificación de la técnica de ELISA que permite realizar las determinaciones en el campo y tomar decisiones para reinseminar sin perder ciclos reproductivos y sin toros de repaso.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación , Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de la Nación, la aprobación y financiamiento de este Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID 23189) Convocatoria a Concurso Nacional 2004.

Referencias

- [1] Albin, R. and Clanton, D. 1966. Factors contributing to the variation in urinary creatinine and creatinine- nitrogen ratios in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 25 :107-112.
- [2] Anderson, D.M. 1987. Direct measures of the grazing animal's nutritional status. *Symposium Proceedings* p. 40-57. Society for Range Management, Denver, USA.
- [3] Bender, A. 1998. *Food Processing and Nutrition*. New York, London, San Francisco, Academic Press, Inc., p. 6.
- [4] Bleiler, R.E. and Schedl, H.P. 1962. Creatinine excretion: variability and relationship to diet and body size. *J. Lab. Clin. Med.* 59:945-955.
- [5] Blood, D., Henderson, J. and Radostis, D. 1986. *Medicina Veterinaria*. Nueva Editorial Interamericana. México. 1441 p.
- [6] Brieva, J. 1993. *Desnutrición Infantil: Importancia del Diagnóstico Temprano*. Editorial de la Revista del Hospital de Niños Dr. Ricardo Gutiérrez
- [7] Broderick, G. A. and Merchen, N. R. 1992. Markers for Quantifying Microbial Protein Synthesis in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 75 :2618-2632.
- [8] Cabanac, A.J., Ouellet, J.P., Crête, M. and Rioux, P. 2005. Urinary metabolites as an index of body condition in wintering white-tailed deer *Odocoileus virginianus*. *Wildlife Biol.* 11(1): 59-66 .
- [9] Closa, S.J., Cosarinsky, R. and Rio, M.E. 1980. The use of the urea nitrogen to creatinine ratio in the control of food programs. En: *Proceedings Western Hemisphere Nutrition Congress VI*, Los Angeles, CA. August , p.69.
- [10] Delgiudice, G. D, Mech, L.D. and Seal, U.S. 1990. Effects of Winter Undernutrition on Body Composition and Physiological Profiles of White-Tailed. Deer. *J. Wildlife Manage* 54:539-550.
- [11] Delgiudice G. D., Mech L.D. and Seal U.S. 1989. Physiological Assessment of Deer Populations by Analysis of Urine in Snow. *J. Wildlife Manage.* 53:284-291.
- [12] Guevara, J.C., Estevez, O.R. and Torres, E.R. 1996. Utilization of the rain-use efficiency factor for determining potential cattle production in the Mendoza plain (Argentina). *J. Arid Environ.* 33:347-353.
- [13] Guevara, J.C., Cavagnaro, J.B., Estevez, O.R., Le Houerou, H.N. and Stasi, C.R. 1997. Productivity, management and development problems in the arid rangelands of the central Mendoza plains (Argentina). *J. Arid Environ.* 35:575-600.
- [14] Guevara, J.C., Estevez, O.R., Stasi, C.R. and Monge, A.S. 1997. Monthly botanical composition of the diet of cattle in the rangeland of Mendoza plain, Argentina. *J. Arid Environ.* 36:655-660.
- [15] Guevara, J.C., Estevez, O.R., Silva, J.H. and Marchi, A. 1992. Adequacy of native range grasses to meet protein and energy beef cow requirements in the plain of Mendoza, Argentina. *Proceedings of the 4° International Rangeland Congress*. CIRAD(SCIST), Montpellier. Francia. p.696-699.
- [16] Guevara, J.C, Stasi, C.R., Estevez, O.R. y Marchi, A. 1993. Unidad Experimental y demostrativa de producción de bovinos en pasturas naturales de la llanura mendocina. 1990-92. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13:63-64.
- [17] Harmeyer, J. and Martens, H. 1980. Aspects of Urea Metabolism in Ruminants with Reference to the Goat. *J. Dairy Sci.* 63:1707-1728.
- [18] Jameson, D.L. 1987. Monitoring for successful management. *Symposium Proceedings*. Society for Range Management . Denver. 1-3 p.
- [19] Kaneko, J.J. 1989. *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic Press, 900 p.
- [20] Kertz, F., Prewitt, L.R., Lane, A.G. and Campbell, J.R. 1970. Effect of Dietary Protein Intake on Creatinine Excretion and the Creatinine-Nitrogen Ratio in Bovine Urine . *Anim. Sci.* 30:278-282.
- [21] Kothmann, M.M. and Hinnant, R.T. 1987. Direct measures of the nutritional status of grazing animals. *Symposium Proceedings Society for Range Management*. Denver 17-22 p.
- [22] Lean, I.J., Bruss, M.L., Baldwin, H.F. and Truth, H.F. 1992. Bovine Ketosis: a review. II *Biochem. Prevent. Vet. Bull.* 62: 1-13.
- [23] Liesegang, A., Chiappi, C. and Risteli, J. 2007. Influence of different calcium contents in diets supplemented with anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 91:119-120.
- [24] Morgante, M., Stelletta, C., Berzaghi, P., Ganesella, M. and Andrighetto, I. 2007. Subacute rumen acidosis in lactating cows: an investigation in intensive Italian dairy herds. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 91:226-234.

- [25] Marcilla, N.E., Rio, M.E., Sanahuja, J.C., Martinez Seeber, A. 1995. Aminoacidimbalance and body composition: Effect of natural imbalanced diets on plasma voluman and body composition. *Nutr. Rep. Int.* 12:185.
- [26] Masotta, H.T. y Berra, A. 1994. Relación suelo-paisaje en el Campo Experimental El Divisadero, Santa Rosa Mendoza (Argentina) . *Multequina* 3: 89-97.
- [27] McFarlane, H., Ogbalde, M.I., Reddy, S. and Adcock K.J. 1969. Biochemical assessment of protein-calorie malnutrition. *Lancet* 1: 392.
- [28] Mitchell, H.H. 1964. *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals (vol II)* New York, London, Academic Press, Inc. p. 392.
- [29] Monckeberg, F. 1956. Alteraciones bioquímicas en la desnutrición infantil. *Nutr. Bromatol. Toxicol.* 5: 31.
- [30] Moscardini, S., Wright, T.C., Luimes, P., McBride, B. W. and Susmel, P. 1998. Effects of Rumen-undegradable Protein and Feed Intake on Purine Derivative and Urea Nitrogen: Comparison with Predictions from the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *J. Dairy Sci.* 81:2421- 2329.
- [31] National Research Council. 1994. *Necesidades nutritivas del Ganado vacuno de carne. Hemisferio Sur.* Buenos Aires 104 p.
- [32] Nordin, B.F.C. 1959. Assessment of calcium excretion from the urinary calcium/creatinine ratio. *Lancet* 2: 368-371.
- [33] Parola, R., Macchi, E. Fracchia, E., Sabbioni, A., Avanzi, D. Motta, M., Accornero, P. and Baratta, M. 2007. Comparison between plasma and milk levels of leptin during pregnancy and lactation in cow, a relationship with β -lactoglobulin. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 91:240-246.
- [34] Portela, M.L., Rio, M.E. and Zeni, S. 1982 Utilización de la relación calcio creatinina urinaria como indicador del estado nutricional con respecto al calcio. *Arch. Latinoam. Nutr.* Vol. XXXIII N°3.
- [35] Portela, M.L., Rio, M.E. and Zeni, S. 1981. Calcium/creatinine ratio in basal urine and interrelationship with calcium intake and calcium nutritional status in children under three years of age. *Arch. Latinoam. Nutr.* Vol. XXXIV N°1.
- [36] Portela, M.L., Zeni, S., Piazza, N., Garcia, H. and Rio, M. E. 1983. Calcium balance in infants recovering from undernutrition and dietary calcium-protein ratio. *Nutr. Rep. Int.* Los Altos, California 28:1091-1099.
- [37] Rio, M.E., Portela, M.L. and Closa, S.J. 1981. Resultados de una experiencia piloto con una galleta de elevada densidad energética. *La Alimentación Latinoamericana* 198 PNITA N4, p. 68-71.
- [38] Roche, J.R., Morton, J. and Kolver, E.S. 2002. Sulfur and Chlorine Play a Non-Acid Base Role in Periparturient Calcium Homeostasis. *J. Dairy Sci.* 85:3444–3453.
- [39] Roche, J.R., Dalley, D., Moate, P., Grainger, C., Rath, M. and O'Mara, F. 2003. A Low Dietary Cation-Anion Difference Precalving and Calcium Supplementation Postcalving Increase Plasma Calcium But Not Milk Production in a Pasture-Based System. *J. Dairy Sci.* 86:2658–2666.
- [40] Sambucetti, M. E. 1978. Informe Técnico a la Provincia del Chaco: Plan Piloto de Alimentación Integral. Depto. de Bromatología y Nutrición Experimental, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.
- [41] Scotti, A., Varona, M.C. 1992. Evaluación Bioquímica del Estado Nutricional, Memorias del VI Congreso Argentino de Nutrición.
- [42] Silva Colomer, J.H., Guevara, J.C., Marchi, A., Estevez, O.R. and Stasi, C.R. 1991. Native grasses and the nutrition of the breeding cow in the arid plain of Mendoza ,Argentina. *J. Arid. Environ.* 20:113-118.
- [43] Slobodianik, N.H., Parada, N.M., Rio, M.E., Martinez Seeber, A. 1978. Efecto de la dieta sobre las proteínas plasmáticas, en un modelo experimental en ratas. *Medicina (Buenos Aires)* 38:679.
- [44] Slobodianik, N.H. 1981. Indicadores funcionales durante la recuperación nutricional: valor potencial de diferentes fracciones de las proteínas plasmáticas. *Revista A.B.A.* 45 (1):67-71.
- [45] Spencer, H. , Oasis, D. and Norris, C. 1998. Effect of a high protein (meat) intake on calcium metabolism in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 31:2167-2180.
- [46] Thilsing-Hansen T., Jørgensen , R. J., Enemark, J. M. D. and Larsen, T. 2002. The Effect of Zeolite A Supplementation in the Dry Period on Periparturient Calcium, Phosphorus, and Magnesium Homeostasis. *J. Dairy Sci.* 85:1855–1862 .

- [47] Van den Bosch, S., Guevara, J.C., Tacchini, F.M. and Estevez, O.R. 1997. Nutrient content of browse species in the arid rangelands of the Mendoza plain (Argentina). *J. Arid Environ.* 37:285-298.
- [48] Van Niekerk, A. y Louw, B.P. 1982. Condition scoring as a guide to the nutritional status of the beef cow and its implications in reproductive performance. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 12:79.
- [49] Viart, P. 1977. Blood Volume in severe protein-calorie malnutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 30:334.
- [50] Widowson, E. M. and Mc Cance, R. A. 1970. Use of random specimens of urine to compare dietary intakes of African and British children. *Arch. Dis. Children.* 45:547-552.

Teleoperated Air Vehicles for the Transport of Sensorial Platform

A. C. Veca

¹CEREDETEC – Facultad Regional Mendoza UT-Centro de Aviación Civil de San Juan

J. Pérez Peña

INTA, EE Mendoza

M. Batistela

INTA, EE San Juan

Introduction

Data acquisition is sometimes difficult because accessibility to the place where data are available is limited. This happens sometimes in glaciology, active volcano studies, and some agricultural areas and therefore remote sensing technology is used. Different factors may limit accessibility or data acquisition: Very extensive areas, places optically opaque, places where toxic gases limit human accessibility, very small areas and combinations of the mentioned before.

In spite of a great development in satellite applications and remote sensing, accessing the data on a timely manner is limited because users cannot choose the date that the satellite should pass and the type of sensors installed. On the other hand, costs of satellite images with high resolution are expensive and in general they cover big areas of land. In intensive agriculture (e.g., horticulture) the goal is to work with small areas and with high resolution, and satellite images in general are not suited to be applied in small areas.

Since 1970, small aerial models have been used to transport sensors and to transmit the information acquired to a central computer for data processing. At the start this technology was mainly under the military umbrella. These models were called "Remote Pilot Vehicle" (RPV). They included two types of sensors. The first one used to receive the fly instructions from an expert pilot from the ground, and the second one to transmit the data acquired to the ground. Nowadays an improved version called "Unmanned Aerial Vehicles" is available.

One of the first applications was developed in the 80's by the Xunta de Galicia, Diputación de Pontevedra, Spain [1]. A series of aerial models (Fig. 1 and 2) were developed and used for pesticide application in plots of up to 10 ha. The difference between models used today and those models was that the latter needed to be controlled by an expert operator on the ground that needed to have eye contact with the vehicle.

Nowadays these types of aerial vehicles are being used because they overcome some of the problems mentioned and their operation cost is relatively low. In this work, preliminary results of the use of this technology are reported. A digital camera installed in the aerial vehicles acquired images and transmitted them by hardware to a ground base. Three vehicles were developed: 1) Very low flying speed ($<10 \text{ km h}^{-1}$) with low loading capacity (XX g), a flying height of 500 m, and a cylinder shape volume to carry sensors up to 300 cm^3 ; 2) Intermediate flying speed ($35\text{-}50 \text{ km h}^{-1}$), with 1 kg loading capacity, an average flying height of 300 m, and a cylinder-conic shape volume to carry sensors up to 1100 cm^3 ; and 3) An helicopter with 1 kg loading capacity, a stationary flying height between 1.5 m and 150 m, and a volume to carry sensors of 1800 cm^3 .



Figure 1. Example of model airplane used in agriculture



Figure 2. View of the piezoelectric sprayers

Characteristics of the Sensorial Platform

The sensorial platform is the container that includes all the sensors that will acquire the data. In figure 3 and 4 schemes of the sensorial platform are shown. In general the sensorial platform can contain different type of sensors but should never be overweight relatively to the loading capacity of the aerial vehicle nor the volumetric design. Sensors include the sensible element and the hardware needed.

The sensorial platform can be in the air during up to 40 min, 500 m height and 1.5 km distance from the ground base. In certain specific applications, the platform can be stationary over the area where data need to be taken. Dimensions and location of the sensorial platform depends on the aerial vehicle.

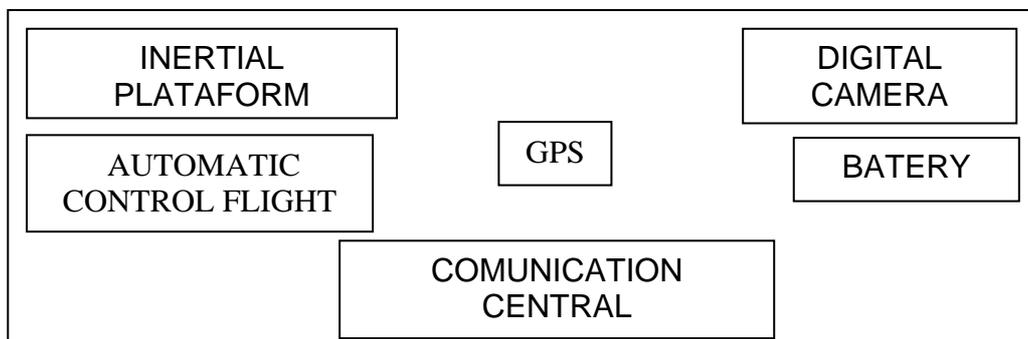


Figure 3. Scheme of the basic module

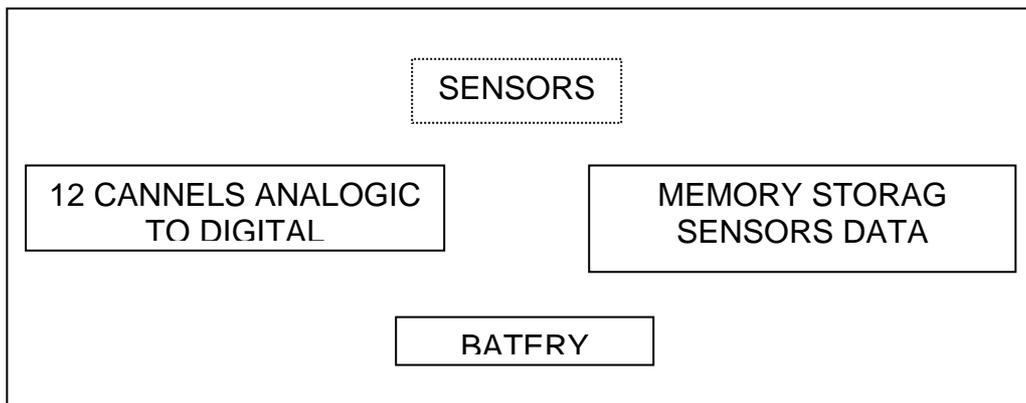


Figure 4. Scheme of the sensors module

Scheme of Operation

For vehicle operation, and expert operator is needed. Information reaches the operator by a notebook screen where GPS data and aerial vision of the platform by a camera can be seen. Wit these data, takeoff, flight and landing with normal visual can be done.

The system developed also allows flying two automatic elementary aerial routes in a predefined volume. They are straight and circular routes at a fixed level (constant height) or by scaling levels (variable heights) (Fig. 6). On the left a straight route of two levels and on the right a circular route of three levels is shown. Number of routes, levels, separation between routes and levels, and direction are programmed before the flight and cannot be changed during flight unless an emergency. In this case the operator takes immediate control of the aerial vehicle. However until now, take off and landing are manually conducted by the aerial vehicle operator [2].

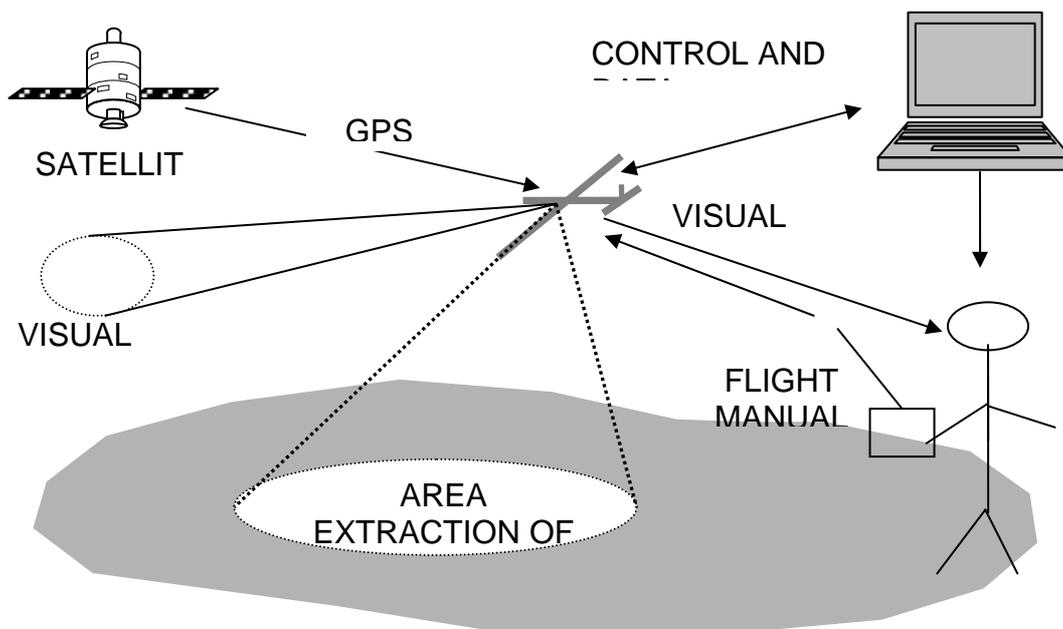


Figure 5. General Scheme of operation

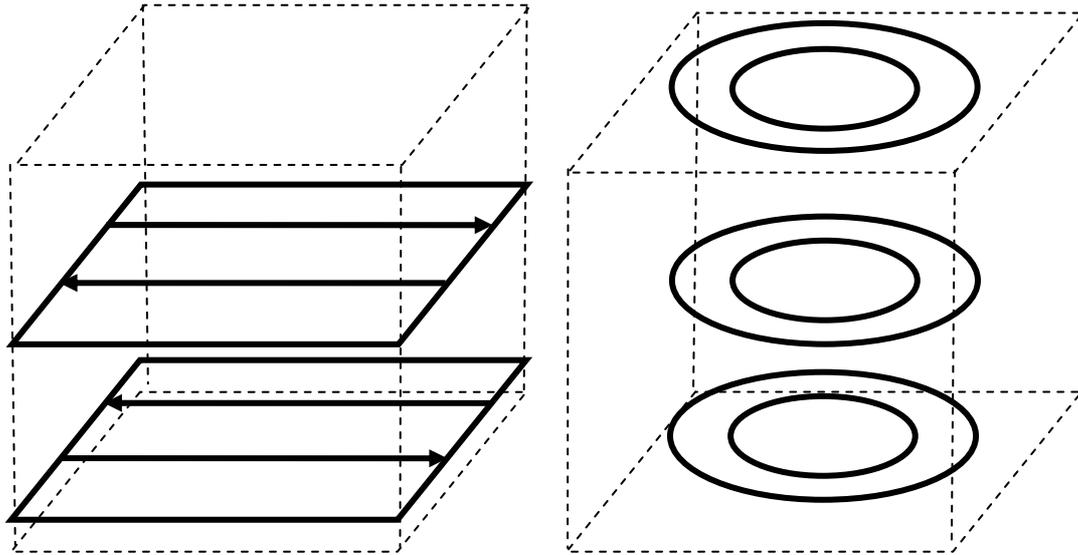


Figure 6. Programmed flight paths

Applications

Tuning and calibrations of the system developed until now were performed at the Centro de Aviación Civil de San Juan, where facilities and an area of more than 50 ha is available. Fig 7 shows an aerial image of the facilities. Figures 8, 9 and 10 show the aerial vehicles used. Figure 8 is an aerial vehicle of low speed. Figure 9 is an aerial vehicle that can reach 70 km h^{-1} with the sensorial platform externally mounted. Figure 10 shows a helicopter to be used in reduced plots in INTA Experimental Station.



Figure 7. Aerial view of the Centro de Aviación Civil de San Juan



Figure 8. Model of low speed of flight



Figure 9. Model of medium speed of flight



Figure 10. Model of the Helicopter

Conclusions

- Aerial vehicles for transport of sensorial platforms have been developed.
- The sensorial platform can be sent on an aerial vehicle to difficult places to acquire data and transmit them in real time.
- Twelve modules with different sensors for 40 min and up to 500 m height can be transported.
- It has an automatic mode that can perform two flying routes that can be programmed from the ground.
- It can be expanded to perform more things.
- Preliminary tests showed that the major limitation is that an expert operator is needed for the take off, landing and sensor limitation due to power consumption.

References

- [1] Abellán J.. El Aeromodelismo al Servicio de la Industria. Rcmovil 1-1985 p.p. 36-41. Hobby Press. S. A. 1985
- [2] Digital Proportional R/C for Aircraft / Helicopters FM/PCM Systems. Futaba Corporation of America, 2005.



Auspician

**Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, SECyT
Embajada de Italia en Argentina
Municipalidad de Malargüe, Mendoza, Argentina
Museo de Historia Natural de San Rafael
Sociedad Argentina de Antropología
Fundación Williams**