

# Naturalia

ISSN 0327 - 8050  
ISSN 0327 - 5272

patagónica

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO

Volumen 5 (1) - septiembre 2009



**“Guanaco alimentándose en matorral costero del Distrito Golfo San Jorge”**

## **NATURALIA PATAGONICA**

**Volumen 5 (1) - Septiembre 2009**

**Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco**

### **Director**

Dr. Miguel A. Bertolami

### **Secretaria de Redacción**

Dra. María Luján Flores

### **Editor**

Dra. Mónica L. Freile

### **Tesorero**

Dra. Sandra M. Feijóo

### **Comité Editor**

Dra. Mónica Casarosa  
Dr. Osvaldo L. Córdoba  
Dra. Adriana M. Nillni  
Lic. María R. Carballo  
Dra. Nerina Iantanos

### **Evaluadores**

Dr. Lorenzen Sievert	Dr. Leonardo Salgado	Dra. Mirta E. Valencia
Dra. Estela Lopretto	Dra. Graciela Ferraro	Dra. Milka Brodtkorb
Dra. Marta Collantes	Dra. Mirta Arriaga	Dr. Arturo Tabeada
Dr. Fernando Novas	Dra. Claudia Anesini	Lic. Gabriel M. Martin
Dr. Néstor J. Cazzaniga	Dra. Martha Gattuso	Dr. Marcelo F. Tejedor
Dra. Isabel Moreno Castillo	Dra. Susana Gattuso	Dra. Alicia Boraso
Dra Susana I. Bezzi	Dra. Cristina de Villalobos	Dr. Eduardo A. Musacchio
Dr. Juan C. Mallo	Dr. Carlos A. Stortz	Dra. Nilda Weiler
Dr. Carlos Passera	Dr. Diego Pol	Dra. Ana M. Srur
Dr. Gabriel Oliva	Dr. Daniel Delamo	Dr. Raúl A. C. González
Dr. Juan M. Sayago	Dra. Ana M. Giulietti	Prof. Fernando Videla
Ing. Antonio D. Dalmaso	Dra. Ana Salazar	Dra. Julieta Gomez Otero
Dr. Eduardo Vallarino	Dra. Laura B. López	

## EDITORIAL

Con este ejemplar, se realiza la entrega de un nuevo número de *Naturalia patagónica*, el cual corresponde al quinto volumen desde el relanzamiento realizado en el año 2002, para artículos vinculados a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de la Patagonia.

Para el presente se ha considerado como en los anteriores, la inclusión de los resúmenes expandidos a partir de posgrados obtenidos, durante el período 2008-2009 por los docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de la Patagonia, que con esfuerzo realizan estas actividades en un contexto no siempre sencillo.

Es de destacar que nuevamente se realiza la presente edición, luego del arbitraje correspondiente de los manuscritos sometidos para su publicación, con la intención de sostener nuestra presencia en forma continua y a la vez calificada por los evaluadores que gentilmente contribuyen en forma desinteresada con nuestra revista, convencidos de la importancia de una revista regional, que constituye uno de los aspectos más destacados para realizar una devolución a la comunidad en la que estamos inmersos de la producción que se viene realizando en la región.

Agradecemos nuevamente el apoyo económico de ADU (gremio docente universitario), como así también a la Facultad de Ciencias Naturales y la Secretaría de Extensión de la UNPSJB.

Confiamos en la buena receptividad de *Naturalia Patagónica* entre nuestros lectores habituales y entre los lectores en general, que se interesen por la problemática de las ciencias naturales en el ámbito de la región, invitando además a otros autores al envío de su producción para ser publicada en nuestra revista y de esta forma contribuir al crecimiento y consideración general de la misma.

Dr. Miguel Ángel Bertolami  
*Director*

ING. FIDEL ANTONIO ROIG

16/7/1922-12/11/2008

**Q.E.P.D.**

El 12 de noviembre de 2008 falleció en Mendoza el Ing. Agr. Fidel Antonio Roig, a los 86 años de edad. Nació el 16 de julio de 1922. Estudió en la Universidad Nacional de Cuyo de donde egresó como Ingeniero Agrónomo en 1952. Durante 18 años (1958-1976), fue profesor de la cátedra de Botánica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N. Cuyo.

Entre 1971 y 1976 y también entre 1983 y 1998 se desempeñó como investigador científico del CONICET desarrollando sus tareas en el Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA), CRICYT-CONICET de la ciudad de Mendoza.

Durante su período como docente trabajó con Lorenzo R. Parodi en agrostología y en 1955 consiguió una beca de CONICET en las cátedras de René Molinier en Fitosociología y de Henri Prat en Agrostología, en la Fac. de Sciences de Marseille (Francia).

Al inicio de su carrera docente acompañó al Dr. Adrián Ruiz Leal en la cátedra de Botánica de la UN Cuyo.

Fue co-fundador del Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (IADIZA), donde inició el grupo de investigación de Botánica y Fitosociología.

Llevó a cabo una intensa tarea entre el campo y el laboratorio, colectando plantas y realizando censos florísticos que le permitió elaborar la Carta de Vegetación de la Provincia de Mendoza, en colaboración con sus discípulos. Contribuyó al conocimiento de la flora argentina estudiando el género *Stipa* (Poaceae).

Elaboró en nuestra región, la denominada "Transecta Botánica de la Patagonia Austral", junto a los Dres. O. Boelcke y D. Moore, la cual fue publicada como libro en 1985, que posee fundamental importancia en cuanto a sus aportes y envergadura de realización.

Fue uno de los principales impulsores de los cursos Latinoamericanos de Desertificación, en el marco de PNUMA de Naciones Unidas durante finales de los años '80 y comienzo de los '90.

Participó en la obra "Flora Patagónica" dirigida por la Dra. Maevia Correa, obra en la cual realizó aportes geobotánicos y cartográficos de importancia.

Recibió varias distinciones, entre las que se destacan el Premio Perito Moreno de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos y la Distinción Legislativa de Mendoza Gral. José de San Martín. Además fue incorporado como Miembro Correspondiente de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de Argentina y como Profesor Honorario de la Universidad

Naturalia patagónica

ISSN 0327 - 8050

ISSN 0327 – 5272

Nacional de Cuyo.

Durante su extensa actividad científica publicó 16 libros y monografías, participó en 41 capítulos de libros y una innumerable cantidad de publicaciones científicas en la temática de botánica y la geobotánica.

Se destacó en lo personal por la gentileza y generosidad, su disposición a colaborar y su vocación docente. Fue sin duda alguna un maestro y quienes hemos tenido el gusto de compartir su tiempo en jornadas de trabajo lo tendremos siempre en la memoria.

Dr. Miguel Ángel Bertolami  
*Director*

## CONTENIDO

### Artículo de Revisión

Musacchio Eduardo A. Los Conocimientos en Geociencias: Parte II: Tiempo Geológico y Correlaciones Estratigráficas.....1-22

### Artículos Científicos

Crovetto, Cecilia A.; Sánchez Eduardo; Risso, Susana J. Estudio de Colesterol en Peces Marinos: Abadejo (*Genypterus blacodes*), Anchoita (*Engraulis anchoíta*) y Róbalo (*Eleginops maclovinus*).....23-27

González S. B., Bandoni A. L., van Baren C., Di Leo Lira P., Coussio J. D. El Aceite Esencial de "Charcao": *Senecio bracteolatus* var. *bracteolatus* Hook. et Arnott.....28-32

Iantanos N., Moreno E., Andolfo M., Isla F. y Castro, A. Características y Evolución del Tómbolo Cabo Blanco, Provincia de Santa Cruz, Argentina..... 33-45

Mendos, M. G. y Bertolami, M. A. Degradación Antrópica de los Ecosistemas en Zona Centro Norte de la Provincia Santa Cruz (Argentina).....46-57

Mendos, M. G. y Bertolami, M. A. Evaluación de las Comunidades Vegetales y Determinación de Modelos Sucesionales en el Centro Norte de la Provincia de Santa Cruz .....58-67

Rueter, B. L. y Bertolami, M. A. Análisis Fitosociológico de las Comunidades Vegetales de los Cañadones Costeros del Distrito del Golfo San Jorge.....68-79

Scolaro J. A. y Tappari O. F. Una Nueva Especie del Género *Phymaturus* del "Grupo *Patagonicus*" en los Afloramientos Rocosos del Sudoeste de la Provincia de Río Negro, Patagonia Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae).....80-93

**Tesis de Doctorado de Docentes e Investigadores de la  
Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional  
de la Patagonia San Juan Bosco (2008-2009).**

Miscoria Silvia Alejandra. Nuevas Estrategias para el Diseño de  
Biosensores Enzimáticos .....94-101

Scapini María del Carmen. Caracterización de Sustancias Húmicas en  
Aguas Marinas y Continentales Chubutenses.....102-107

Silva Roxana A. Relación entre el Metabolismo de Lípidos y la Adaptación a  
la Presencia de Contaminantes y a Condiciones Ambientales en Bacterias  
Autóctonas.....108-111

Volumen 5 (1) - Septiembre 2009

## CONTENTS

### Review

Musacchio Eduardo A. Knowledge in The Geosciences Part II: Geological Time and Stratigraphic Correlations.....1-22

### Research articles

Crovetto, Cecilia A.; Sánchez Eduardo; Risso, Susana J. Cholesterol study in marine fish: pink cuskeel (*Genypterus blacodes*), Argentine anchovy (*Engraulis anchoíta*) and Patagonian blenny (*Eleginops maclovinus*)....23-27

González S. B., Bandoni A. L., van Baren C., Di Leo Lira P., Coussio J. D. The Essential Oil of "charcao": *Senecio bracteolatus* var. *bracteolatus* Hook. et Arnott.....28-32

Iantanos N., Moreno E., Andolfo M., Isla F. y Castro, A. *Characteristics and evolution of Cabo Blanco, Santa Cruz Province, Argentina* .....33-45

Mendos, M. G. y Bertolami, M. A. Anthropoc degradation of ecosystems in the north center area of Santa Cruz Province (Argentina).....46-57

Mendos, M. G. y Bertolami, M. A Assessing vegetation communities and determining successional models in north center Santa Cruz .....58-67

Rueter, B. L. y Bertolami, M. A. Phytosociological Study in Vegetal Communities in The Coastal Valleys In San Jorge Gulf District.....68-79

Scolaro J. A. y Tappari O. F. A new species of *Phymaturus* of the "patagonicus group" from rocky outcrops in the southwestern Rio Negro province, Patagonia Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae) .....80-93



**Thesis (Doctor degree) of researches of the Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (2008-2009).**

Miscoria Silvia Alejandra. Nuevas Estrategias para el Diseño de Biosensores Enzimáticos .....94-101

Scapini María del Carmen. Caracterización de Sustancias Húmicas en Aguas Marinas y Continentales Chubutenses.....102-107

Silva Roxana A. Relación entre el Metabolismo de Lípidos y la Adaptación a la Presencia de Contaminantes y a Condiciones Ambientales en Bacterias Autóctonas.....108-111

**Naturalia patagónica**, 5(1): 1-22 (2009)

**Artículo de revisión**

**LOS CONOCIMIENTOS EN GEOCIENCIAS:  
Parte II: TIEMPO GEOLÓGICO Y CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS**

**Knowledge in the Geosciences  
Part II: Geological Time and Stratigraphic Correlations**

Musacchio Eduardo A.

Laboratorio de Bioestratigrafía - FCN - UNPSJB, Ciudad Universitaria. (9000) Comodoro Rivadavia, Argentina. E-mail: emusacchio@yahoo.com

**RESUMEN**

Se presentan y discuten dos tipos diferentes de correlación estratigráfica. En primer término, se presenta la correlación entre estratos de diferentes localidades basada en referentes externos al estratígrafo. Estos referentes son objetos que dependen o están en las rocas: tipos litológicos, minerales, ciclos sedimentarios, fósiles, propiedades físicas o químicas. En esta clase de correlación, el tiempo geológico no interviene para fundamentar las correspondencias. El segundo tipo, denominado correlación en el tiempo, se sustenta en interdependencias necesarias entre dos entidades que pertenecen a "mundos" diferentes. Estos últimos tienen que ver, respectivamente, con la superposición estratigráfica y la sucesión temporal que surge de la anterior. Como el tiempo no es claramente reducible a la superposición estratigráfica, esta segunda clase de correlación se considera un caso de superveniencia. La superveniencia forma parte del grupo de estrategias humanas para reconocer interdependencias necesarias entre casos enmarcados en mapas conceptuales no compartidos o, si se prefiere, marcos epistemológicos diferentes. Al relacionar entre sí entidades con atributos mutuamente inconmensurables (propiedades morales / cualidades éticas, estados mentales / circuitos neurobiológicos, tiempo / cambio biológico) diferentes autores han adoptado la noción de superveniencia. De este modo, propiedades escogidas pueden supervenir o depender de otras consideradas básicas o subyacentes. En el presente caso, atributos peculiares de un referente estratigráfico sirven de base para la construcción de la entidad cronológica superveniente.

**Palabras clave:** Geología Histórica, tiempo geológico, correlaciones estratigráficas, superveniencia.

## ABSTRACT

This contribution deals with two kinds of stratigraphic correlations. In the first, correlations between layers at different localities are based on external referents to the stratigrapher. These attributes are related to (or dependent on) rocks: lithologic arrangements, fossils, and physical or chemical traces, as well as other corporeal components. In these correlations, geological time is not used for substantiation. The second type of correlation is based on time. It involves interdependencies between two entities belonging to the conceptual "worlds" of geologic time and the stratigraphic succession. Because geologic time is not clearly reducible to the stratigraphic succession, this type of correlation is considered a case of supervenience: a strategy used to recognize necessary interdependencies between cases framed in different (incommensurable) conceptual or epistemological maps. The strategy of supervenience has been used in sets of properties in various disciplinary areas (for example, moral attributes and ethical features, mental states and neurobiological circuits, and time and biological change). In these sets, previous authors have formalized relations of dependence amongst supervenient properties on subvenient attributes. The present contribution assumes that chronological intervals supervene on particular stratigraphic corporeal referents, allowing both the construction of the geological time scale as well as supporting the time correlations.

**Key words:** Historical Geology, Geologic Time, Stratigraphic Correlations, Supervenience.

## INTRODUCCIÓN

El tema del presente artículo fue anticipado en la primera parte de una contribución publicada por *Naturalia Patagónica* (Musacchio, 2008: 8), dedicada a la validación y la acreditación de los conocimientos en las geociencias. La presente Parte II procura fundamentar, desde una perspectiva epistemológica, las diferencias existentes entre las entidades cronoestratigráficas y las entidades cronológicas. La contribución tiene que ver con la filosofía de las geociencias; parece entonces pertinente aclarar para el lector no familiarizado con la estratigrafía algunos de los términos que serán empleados. Así, las *entidades cronoestratigráficas* (eonotemas, eratemas, siste-

mas, series y pisos; siguiendo el orden jerárquico adoptado por los estratígrafos) constituyen cuerpos tangibles de rocas en la corteza terrestre, formados entre intervalos delimitados del tiempo geológico. Las *unidades cronológicas* en sentido estricto (eones, eras, períodos, épocas y edades) poseen, en cambio, otras propiedades que las de constituir cuerpos materiales pues son entidades puramente temporales [(ver Murphy y Amos, *Stratigraphic International Guide*, 2009: 2, D)]. En los últimos años, el peso asignado a las entidades cronoestratigráficas como referentes de la Carta Estratigráfica Internacional (ver *International Stratigraphic Chart*, 2008) ha seguido los lineamientos anticipados por Hedberg, 1980. Para tal fin, la Comisión Internacional de Estratigrafía [ver: *International Commission on*

*Stratigraphy*, 2009 (ICS)] está construyendo un sistema de referencia global de estratos-tipo, por ahora casi exclusivamente dentro del denominado Eonotema Fanerozoico. Los diferentes estratos-tipo están acotados en su base por puntos globales que ha sido escogidos por la presencia de marcadores considerados relevantes para deslindar cada sección de referencia respecto de su sustrato [ver: *Global Standard Stratotype-Section and Point* (GSSP's) en ICS].

Recientemente, Gradstein et al., 2008, han publicado una Escala del Tiempo Geológico [*Geologic Time Scale* (GTS)], con interés para el presente artículo (Tabla I). Los términos empleados en su denominación misma aluden al tiempo antes que a la sucesión estratigráfica.

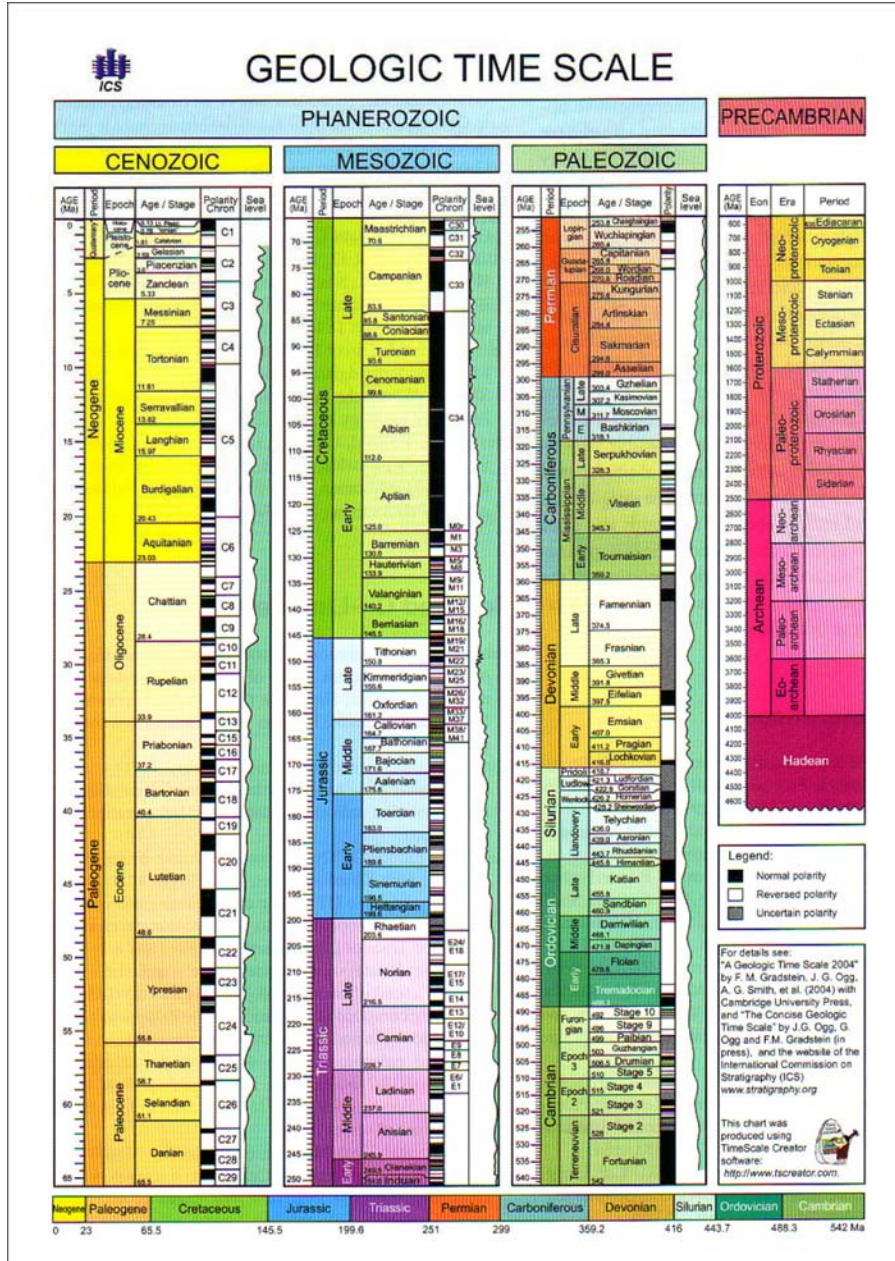
Los teóricos de la comunidad de estratígrafos debaten en el presente la filosofía que subyace a la escala global para calibrar los cambios evolutivos ocurridos en el planeta; en particular, los referentes que deben ser tenidos en cuenta para acotar los hitos resultantes del fenómeno de cambio discontinuo dentro de la evolución cortical. El debate está principalmente ligado a la sistemática de las entidades precámbricas, el rol de la ciclicidad astronómica para referir la sucesión temporal, la preocupación por los deslindes antes que por la "substancia" de las divisiones y los alcances de la noción de tiempo geológico.

Algunas diferencias entre las respectivas denominaciones para entidades cronoestratigráficas (tiempo-roca) y

cronológicas (exclusivamente temporales) parecen sutiles modificaciones en sus categorías predicativas. Tal es el caso, tomado como ejemplo, de la denominación dual: *Piso Serravalliano* (entidad cronoestratigráfica) *Edad Serravalliano* (entidad cronológica). Como se destacó antes, las dos entidades colocadas en sinonimia se construyen de un modo diferente; en cada caso usando conceptos no fácilmente conmensurables entre sí.

Para distinguir entre sí los homónimos arriba anotados, Levy (1960) propuso usar, en idioma castellano, la desinencia *ense* para los pisos y la desinencia *iano* para las edades. En tal sentido y para los ejemplos del apartado anterior corresponderían los términos *Serravallense* para la entidad cronoestratigráfica y *Serravalliano* para la entidad cronológica. Este criterio parece apropiado pues permite distinguir dos entidades que difieren en su contenido y en su significación. No obstante, deberá tenerse en cuenta que, tanto en la *International Stratigraphic Chart* como en la *Geological Time Scale* arriba anotadas, las dos entidades de las que se trata están incluidas dentro de una misma columna y denominadas bajo un mismo nombre dentro de la Serie Mioceno en la Era Cenozoico. Las diferencias entre ambas resultan más claras cuando se correlaciona sobre la base de objetos o propiedades tangibles, o bien aceptando condiciones de isocronía (correlación en el tiempo). El *quid* de estas diferencias será presentado abajo, constituyendo la parte central del artículo.

Tabla I. Escala del Tiempo Geológico según Gradstein, Ogg y van Kranendonc, 2008



## I. OBJETIVOS Y ORDENAMIENTO DEL TRABAJO

Esta contribución analiza los atributos distintivos de los dos tipos básicos de correlación estratigráfica: aquella que se procura entre secciones de rocas estratificadas basada en la presencia de atributos compartidos y la correlación de estratos en el marco del tiempo geológico. El tema parece pertinente a la problemática presentada en la introducción pues las dos praxis responden a dos filosofías diferentes, las que subyacen y pugnan entre sí en la construcción de la Escala del Tiempo Global (cf. Aubry, 2007a, 2007b)

La correlación en el tiempo, al establecer dependencias entre atributos pertenecientes a entidades intangibles con otras que poseen en cambio referentes físicos externos, procura una relación entre entidades no conmensurables entre sí. En la contribución se intentará argumentar a favor de considerar este tipo de correlación en el tiempo como un caso de superveniencia. Para su fundamentación parece necesario aclarar primero (apartado II) el alcance de algunos de los términos usados, tales como “mundo” y “marco epistemológico”, ambos referidos a la organización de los conocimientos. También en II se mencionan casos pertenecientes a otros campos disciplinarios en los que se aplicó previamente la noción de superveniencia.

En el apartado III se presentan diferentes casos de correlación. Aquí participan, tanto los objetos que trata la estratigrafía, como el estratígrafo mismo. Este último intenta establecer relaciones

amplias entre las entidades estratigráficas, asignando roles dentro del marco conceptual de la evolución cortical.

Después de las conclusiones (IV), dentro del apartado final V, se discute la noción de la superveniencia del tiempo sobre el cambio físico, representado en nuestro caso por la evolución de la corteza terrestre y los seres que la habitaron.

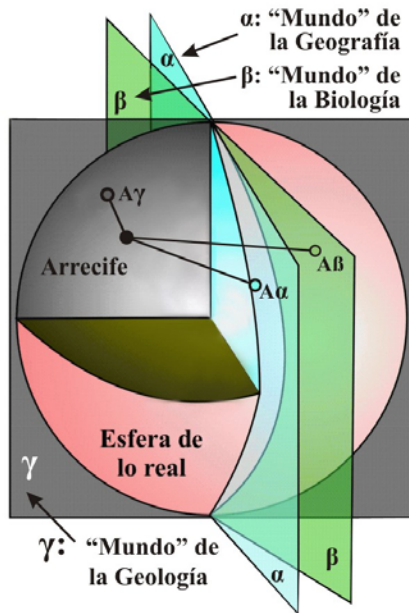
## II. ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

### II.a. Realidad y “mundos” diferentes.

La **Figura 1** ayuda a comprender la noción de “mundo” como un corte, o también como una perspectiva de lo real (en el caso de las disciplinas fácticas), desde un mirador disciplinario determinado (cf. Musacchio y Foix, 2007: Figura 2). Así, un biólogo que estudia un arrecife de coral ve en él un ecosistema en el espacio y una serie de etapas que resultan de su progresiva maduración. Para un geólogo, en cambio, el arrecife es un bioherma generador de rocas carbonáticas o bien un potencial reservorio de hidrocarburos. Para un geógrafo el arrecife constituye un escenario, dentro del espacio geográfico, que controla la navegación y el asentamiento humano.

Las teorías que se construyen en campos disciplinarios particulares deben admitir entonces la existencia de interdependencias necesarias entre casos pertenecientes a campos o “mundos” diferentes de lo real. ¿Cómo se estudian y formulan estas interdependencias? .

**Figura 1.** El "mundo" de la geología ( $\gamma$ ) incluye la totalidad de los "casos" geológicos. (Modificado de Musacchio y Foix, 2007)



## II.b. "Marco epistémico" y reducción.

Unificar teorías es subsumir (o amparar, si se prefiere) los principios de cada una de éstas dentro de axiomas abarcadores para las teorías en consideración. De este modo, regularidades y corolarios de sub-teorías pueden ser presentadas usando un lenguaje compartido con la teoría abarcadora, a partir de puentes formales (o nodos argumentales) que den sustento o legitimidad a la tarea de la reducción. Un

ejemplo de estos "puentes" es el *Equivalente Mecánico del Calor*, el cual permite expresar los cambios de temperatura usando los parámetros de la mecánica. Está fuera del alcance del presente trabajo, dedicado a las relaciones entre rocas y tiempo geológico, analizar las dificultades que se han presentado en diferentes situaciones para unificar (o reducir) casos pertenecientes a "mundos" disciplinarios diferentes sobre la base de un lenguaje compartido.

Las cuatro preguntas listadas a continuación ayudan a comprender las dificultades que surgen en el intento de relacionar la superposición estratigráfica con la sucesión temporal; es decir, al confrontar nociones que pertenecen a teorías, o cuerpos de conocimientos, construidos en marcos epistemológicos diferentes. Las nociones en juego no admiten mutua conmensurabilidad, o no pueden deducirse mutuamente, o bien, no pueden reemplazarse entre sí dentro de un mismo lenguaje expositivo.

1. ¿Es posible expresar las peculiaridades de la sucesión ecológica de un ecosistema determinado en términos de la termodinámica?

2. ¿Es posible presentar los estados mentales en el lenguaje propio de la neurobiología? En el caso contrario, ¿Existen al menos interdependencias necesarias entre ambos “mundos”? Este tema es uno clave dentro de las ciencias cognitivas (Searle, 2006, en particular: pp.141-169). Abajo será discutida la solución presentada por Davidson y discutida, entre otros autores por Kim, a propósito de la denominada superveniencia.

3. ¿Es posible reconocer interdependencias necesarias, o co-evolución, entre el desenvolvimiento cultural y el cambio genético que muestran los Hominidae en su historia evolutiva? (cf. Wilson, 1999)

4. ¿Los atributos morales -si efectivamente forman parte de la naturaleza humana entendida desde una perspectiva biológico/evolutiva- pueden estar anclados en atributos éticos o de conducta o “virtudes”? (cf. Moore, G.E., 1922, Hare, R.M., en Kim, 1984, 1993, 2000; Pendleton, 1999-2006).

La dificultad central que surge al intentar reducir pares de teorías como las anotadas se debe a la procedencia de “mundos” diferentes de los integrantes de

cada cupla. Una dificultad análoga surge cuando se intenta medir el tiempo físico sobre la base del espacio recorrido, o bien, entre tiempo geológico sustentado en la sucesión estratigráfica o, finalmente, el tiempo geológico medido según el espacio recorrido por el Planeta en sus traslaciones alrededor de Sol tomando como referencia un punto astronómico considerado fijo. Este último referente para el tiempo geológico podría ser adicionalmente cuestionado si se admite que las órbitas de los planetas mudan durante la evolución de sus sistemas respectivos y con esto la permanencia o regularidad histórica de sus traslaciones.

### **II.c. Niveles de organización epistemológica y dependencias necesarias.**

Se presentan a continuación cuatro ejemplos de dependencias necesarias entre atributos que caracterizan pares de teorías, o cuerpos de conocimientos, los que son tratados en cada caso por campos disciplinarios diferentes. Puede decirse también que los casos respectivos en cada par pertenecen a “mundos” diferentes (ver arriba II.a). No obstante, las dependencias necesarias que se reconocen entre los pares no son suficientes para deducir las propiedades “emergentes” de aquellas que podrían considerarse “básicas” mediante el empleo de un lenguaje compartido, justificando de este modo un vínculo determinante. En otros términos: la existencia de dependencias necesarias no autoriza la presentación de explicaciones dentro de una disciplina particular según las leyes de la ciencia básica; condición ésta que puede denominarse necesaria para la reducción de una teoría subordinada a otra abarcadora.



Al menos los tres primeros casos, de los cuatro que se presentan a continuación, no presentan dudas razonables sobre la existencia de dependencias necesarias entre atributos que caracterizan los pares respectivos, justificando de este modo un vínculo fáctico real que está en la “cosas” antes que en la mente del sistémico, como muchas veces ocurre en el análisis funcional. No obstante, dicha conectabilidad o dependencia no es suficiente para ordenar los atributos resultantes en el marco de las reglas que controlan a las propiedades básicas.

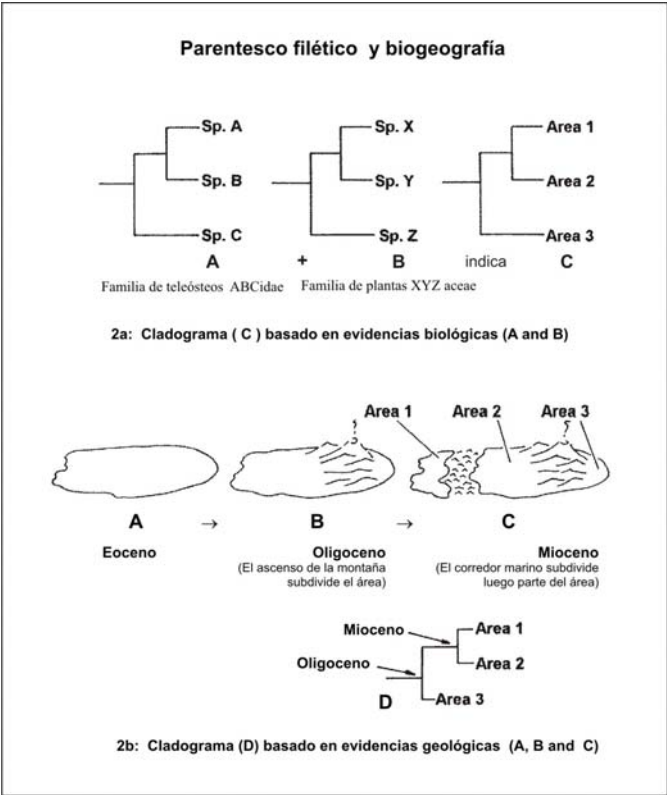
**II.c.1.** Debe admitirse que la evolución biológica está, al menos en parte, controlada por los cambios geológicos (Burundin, en Hennig, 1968, Grande, 1989). Existen ciertas analogías entre modelos ideales de la fragmentación en un supercontinente y la diferenciación evolutiva de la biota en los respectivos subcontinentes resultantes (**Figura 2**, tomada de Grande, 1899). Algunos cambios evolutivos están entonces conectados con los cambios geológicos. No obstante, existen otros factores evolutivos que son propios de los organismos, o bien, del estado de evolución del grupo correspondiente. Estos participan activamente en el cambio, con independencia de los cambios físico-ambientales; por ejemplo: cambios genéticos (en sentido amplio) cromosómicos, tamaño de las poblaciones ancestrales en combinación con la deriva genética, grado evolutivo, etc. (**Figura 3**). Por esta razón, aún cuando existan algunas dependencias necesarias entre medio ambiente y evolución, no es posible reducir el fenómeno evolutivo exclusivamente a las

presiones externas, o si se prefiere, a la selección natural. Tampoco es posible deducir, sobre la base de la evolución paleogeográfica, el curso de la evolución biológica.

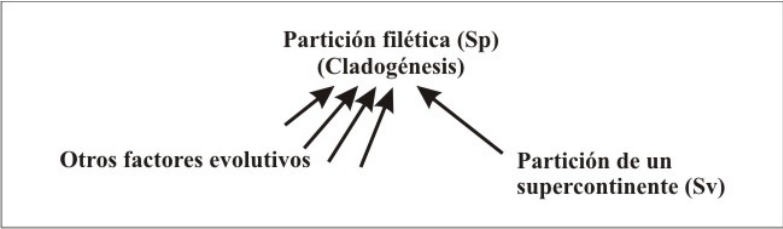
**II.c.2.** La noción de psicogénesis de Piaget parece próxima a la noción biológica tradicional de embriogénesis. El control de los genes reguladores sobre la embriogénesis permite comprender el desarrollo individual de algunos organismos en un marco multidisciplinario. En el caso presente (**Figura 4**), las interdependencias necesarias parecen más abarcadoras que en el caso anterior (II.c.1). Sin embargo, no se dispone (todavía) de una teoría y un lenguaje unificador para el complejo de interacciones entre los diferentes campos disciplinarios involucrados.

**II.c.3.** El tercer ejemplo está relacionado con las interdependencias entre los estados mentales y el sustrato neurobiológico (cf. Searle, 2006). El mismo, muestra las relaciones entre dos niveles de organización epistémica diferentes en los que se formulan, respectivamente, teorías en el campo de las ciencias cognitivas y de la neurobiología. En particular, se destaca el uso de la superveniencia hecho por Davidson, 1974, para superar las dificultades ampliamente debatidas en el siglo pasado para el denominado “problema del dualismo mente / cerebro”. Al sortear con su ayuda la dificultad para reducir los procesos mentales al sustrato biológico -relación que el mismo autor califica de *monismo anómalo*- Davidson define la Superveniencia del siguiente modo (Ibíd. 1974: 98):

**Figura 2.** La evolución geográfica (2b) y el diseño evolutivo de la fauna fósil (2a), representados por fenogramas similares, satisfacen la condición de conectabilidad



**Figura 3.** El cambio evolutivo no puede ser deducido solamente del cambio geológico. Existen factores endógenos en los organismos que participan activamente en el fenómeno de cambio



*- Mental characteristics are in some sense dependent, or supervenient, on physical characteristics. Such supervenience might be taken to mean that there cannot be two events alike in all physical respects but differing in some mental respect, or that an object cannot alter in some mental respect without altering in some physical respect.*

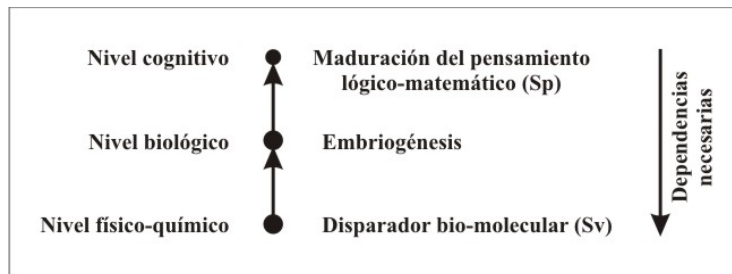
**II.c.4.** G.E. Moore, 1922, adelantó la tesis según la cual propiedades morales están ligadas, o se sustentan en atributos no morales. En esta relación de dependencia Moore reconoce, por un lado, una fuente o un origen natural de los atributos morales (por ejemplo, lo que debe ser tenido por moralmente bueno). Además, reconoce la dificultad para deducir, en términos lingüísticos formales, los atributos morales a partir de las cualidades de base, tales como: valentía, justicia, benevolencia, humildad, etc.

*....If a given thing possesses any kind of intrinsic value in a certain degree, then not only must that same thing possess it, under all circumstances, in the same degree, but also anything exactly like it, must, under all*

*circumstances, possess it in exactly the same degree.* Moore (1922: 261).

Hare, basándose en Moore (cf. Kim, 1993: 54; ver también Kim, 2000, Searle, 2006), presenta los valores morales atribuidos a Sócrates y San Francisco tomados como objetos-referentes. El propósito de la argumentación es relacionar atributos morales a partir de virtudes inherentes a dichos objetos. De este modo, se sustentan calificativos morales basados en rasgos que se desprenden de la naturaleza humana (cf. Pendleton, 1997, Wilson, 1999) antes que en figuras ideales inobservables (cf. Platón, Fedón: S 84). Así, a los dos objetos de referencia arriba mencionados se les atribuyen diferentes “canastas” de atributos o virtudes (benevolencia, humildad, valor, honestidad, etc.). Solo algunas de las virtudes consignadas son compartidas por ambas “canastas”; por ejemplo, el rasgo de la honestidad. El razonamiento de Kim, 1993, conduce a la conclusión según la cual, cualquier hombre que posea la condición honestidad es también una persona “buena” como lo son los referentes Sócrates y San Francisco.

**Figura 4.** Dependencias necesarias entre objetos definidos en diferentes campos del conocimiento. Sp: entidad superveniente; Sv: entidad subteniente



Para el caso mencionado arriba, esquematizado en la **Figura 5**, Kim (1993: 65) ha definido la noción de superveniencia fuerte (*strong supervenience*) como sigue:

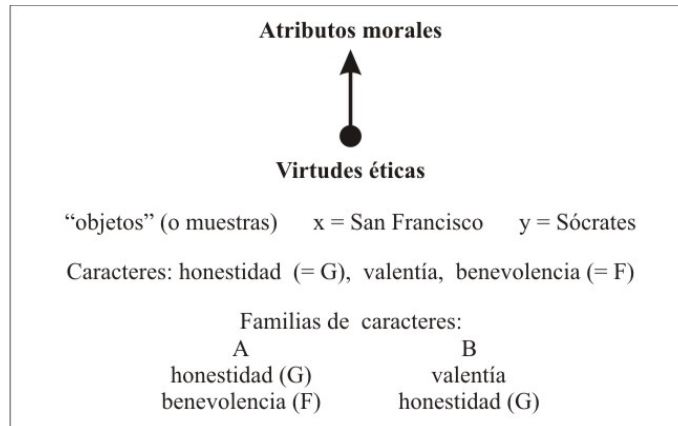
- *A strongly supervenes on B just in the case, necessarily, for each x and each property F in A, if x has F then there is a property G in B such that x has G and necessarily if any y has G, it has F.*

- A superviene fuertemente sobre B si y solamente si ( $\Leftrightarrow$ ) para cada propiedad F en A si un objeto x tiene F, entonces existe una propiedad G en B tal que x tiene G y necesariamente si

cualquier y tiene G y tiene también F. (traducción del autor).

En este ejemplo, que podríamos denominar "Modelo Hare-Kim", la Moral A superviene sobre la virtud B cuando, necesariamente, para cada caso x (Sócrates) y cada propiedad (por ej. F = bondad moral) de A (la "canasta de atributos de la Moralidad), si x tiene F, entonces hay una propiedad (por ejemplo = honestidad G) de B (la "canasta" de atributos de la Virtud) tal que si ese caso x tienen G, entonces, necesariamente cualquier otro caso y (San Francisco) que tenga G, entonces es moralmente bueno (F).

**Figura 5.** La superveniencia (o dependencia) de los atributos morales sobre atributos éticos en el ejemplo de Moore y Hare (tomado de Kim, 1993). Sp: entidad superveniente; Sv: entidad subveniente



Otra definición del presente ejemplo de interdependencias necesarias entre las dos “canastas” de propiedades diferentes es la presentada por McLaughlin & Bennett (2005: 1; traducción del autor), la cual es asimismo próxima a la original de Moore, 1922 (cf. *supra*):

*“Un conjunto de propiedades o hechos M supervienen sobre un conjunto de propiedades o hechos P si, y solamente si, no hay cambios o diferencias en M sin que haya cambios o diferencias en P.*

Según esta definición, la bondad moral (M) de Sócrates y San Francisco depende (“emerge”) o superviene sobre la virtud honestidad (P) de modo tal que no se puede prescindir del mismo calificativo de moralmente bueno (M) para cualquier persona que sea honesta.

Como veremos abajo, la noción de indiscernibilidad en el sentido propuesto por Urtizberea (2002) aplicada a la correlación estratigráfica en el tiempo, viene en ayuda de la noción de superveniencia fuerte. Aquí, los objetos particulares que comparten una propiedad determinada perteneciente al conjunto de los atributos subyacentes son indiscernibles entre sí con relación a la propiedad resultante o superveniente.

Los dos últimos casos anotados (II.c.3, II.c.4) aparecen frecuentemente mencionados en la literatura como ejemplos para exponer la noción de superveniencia. Los mismos han sido presentados ahora para comprender mejor la propuesta central de la contribución según la cual el tiempo geológico superviene sobre, o depende de, algunos atributos de la sucesión estratigráfica.

En síntesis, la superveniencia es una estrategia de razonamiento que permite relacionar “mundos” regulados por construcciones formales o teóricos propios, reconociendo la existencia de dependencias necesarias entre casos pertenecientes a “mundos” diferentes. Debe tenerse en cuenta que para aceptar la existencia de dependencias necesarias no es necesario admitir la existencia de correspondencias biunívocas entre los “mundos” que se comparan; tampoco la condición de “validez reversa” para la relación postulada entre las entidades A y B. Tampoco parece obligatorio aceptar una relación de causa-efecto entre los atributos que se relacionan. Estas dificultades para adoptar, tanto la viabilidad de la “validez reversa” como relación causal, se apreciarán con toda claridad en el ejemplo de abajo (ver: III.b.) dedicado a la Edad / Piso Serravalliano y el marcador *Discoaster kugleri*.

### III. LAS CORRELACIONES ESTRATI-GRÁFICAS

#### III.a.1. Correlación basada en atributos compartidos

El esquema de la **Figura 6** ilustra la correlación entre dos secciones litológicas de estratos pertenecientes a diferentes localidades o cuencas sedimentarias (A y B) sobre la base de una “canasta” de marcadores o propiedades: g, x, y, z, h, etc., ordenados en sentido ascendente. Estos atributos, pueden ser rocas, minerales, taxones fósiles, horizontes litológicos, propiedades físicas o químicas, marcadores climáticos o arreglos de los mismos, en sentido amplio, que el estratígrafo reconoce para sustentar la correlación. Los arreglos caracterizan un intervalo estratigráfico determinado por un conjunto de

marcadores (una zona), o bien, un diseño peculiar de propiedades físicas como, por ejemplo, una figura que se reconoce en oscilogramas para comparar entre sí *logs* (perfiles) obtenidos en sondeos de subsuelo.

La columna B corresponde a un referente de la correlación; por ejemplo, un *Stage* o Estrato-Tipo, perteneciente a la *International Stratigraphic Chart*. La correlación entre las secciones estratigráficas A y B puede ser expresado como sigue:

Los miembros I-IV en la localidad A pueden ser correlacionados con la sección estratigráfica ST1 del referente B si propiedades o marcadores escogidos previamente que caracterizan a ST1 (los marcadores x, y, z, etc.) están presentes en la localidad A. Cada marcador en la sección particular A es una propiedad intrínseca que será usada en la correlación y puede ser definida como sigue para el caso de la sección I-IV:

**Definición  $\alpha$ ):**

**(x, y, z, etc.) P**

Para caracterizar P no se necesitan dependencias o relaciones con otros atributos. Otras propiedades acompañantes a P, sean éstas especies minerales, rocas u otros indicadores, pueden resultar de procesos recurrentes y reaparecer por debajo o por arriba dentro de la cuenca sedimentaria.

Otras secciones litológicas que aparecen en la localidad A aportando otros marcadores diferentes (g, o bien h) ubicados en el Miembro 0, o bien el Miembro V (no en los miembros I-IV) deben ser correlacionadas con otras partes de B (S0 o S2 respectivamente), pero no con S1. Esta última alternativa de correlación fallida (con S1) puede ser

fácilmente falsada pues responde a una estructura argumental *modus tollens*.

**Un ejemplo procedente de la paleontología.**

Los nannofósiles son restos calcáreos muy diminutos, procedentes de organismos marinos eucariontes unicelulares, que aparecen en sedimentos postpaleozoicos. Entre éstos, los discoastéridos han permitido disponer de diversas zonaciones bioestratigráficas propuestas para cuencas sedimentarias marinas. Las **Figuras 7 y 8** muestran la posición estratigráfica de la Zona de *kugleri* (Zona NN7 según Martini, 1971 y Zona CN5b según Burky, 1971) en la parte media superior de la entidad litológica denominada "Patagoniano", dentro la faja costera del Golfo San Jorge, Argentina. Los nannofósiles que caracterizan esta Zona permiten correlacionar la mencionada sección fértil con el estratotipo del Piso Serravalliano (Simeoni, 2009). Como se mencionó arriba, los marcadores fósiles son propiedades P que se ajustan a Definición  $\alpha$ .

La definición mencionada admite la recurrencia o reaparición de las propiedades o atributos en otras secciones estratigráficas. Sin embargo, este no es el caso del marcador *D. kugleri* y en sentido amplio para todo el registro fósil en el marco de la distribución bioestratigráfica ordenada de sus taxa. Esto se debe a que la evolución de los organismos es irreversible. No obstante, y tal como se anotó arriba en III.a.1, los fósiles pueden tratarse como cualquier otro tipo de marcadores en el caso de correlaciones locales por atributos compartidos. De este modo los fósiles revisten, normalmente, un comportamiento dual como instrumentos de correlación.

**Figura 6:** La correlación entre diferentes secciones estratigráficas y los objetos corpóreos que la sustentan: marcadores y zonas

<b>A: Sucesión Litológica local</b>	<b>Propiedades de A: distribución de marcadores</b>	<b>Propiedades de B: Zonas de x, y, z</b>	<b>B: Pisos (Stages) (estratos-tipos)</b>
			ST 2
Miembro V	h	Zona de h	
	h	-----	---- ©
	y z		
Miembro IV	y z	Zona de z	
	y z	.....	
Miembro III	y		
	y	Zona de y	ST 1
Miembro II	y		
	y	.....	
	x		
Miembro I	x	Zona de x	
	x		
	x	-----	---- © ← C.A.
Miembro 0	g		S 0

### III.a.2. Correlación en el tiempo

El comportamiento dual de los taxa fósiles, como en el caso mostrado de la Zona de *kugleri*, radica en la naturaleza

histórica, única o particular de los eslabones que conforman el registro paleontológico. Esta exclusividad, o irrepitibilidad, de los marcadores paleontológicos es lo que permite,

adicionalmente, hacer correlaciones en el tiempo. Dichas correlaciones serán tan precisas como restringida sea la permanencia dentro del registro bioestratigráfico de los taxa que se escojan para calibrar el tiempo geológico. De este modo resulta ampliado el marco conceptual para los casos de correlación sobre la base de atributos compartidos (III.a.1). La *Correlación en el Tiempo* puede ahora formularse del modo siguiente:

La sección fértil del "Patagoniano" que incluye la Zona de *kugleri* es tan antigua como la sección tipo del Piso Serravallense (cf. **Figuras 7 y 8**).

**Definición  $\beta$**  Desde el punto de vista formal, esta proposición puede expresarse como sigue (cf. Urtizbera, 2002, pág. 7 y siguientes):

$\forall x \text{ I } y$  si y solo si **P** ( $Px \Leftrightarrow Py$ ), donde:

**x** corresponde a la sección litológica del "Patagoniano" portadora del marcador *D. kugleri* **y** corresponde a la Sección litológica del estrato-tipo del Serravalliano

Así entendido, éste sería un caso de "indiscernibilidad débil" entre A y B en el sentido de Urtizbera (2002). Estas dos secciones estratigráficas son indiscernibles (I) entre sí en cuanto a la propiedad **P** de poseer *Discoaster kugleri*, aún cuando no lo sean para otros propiedades (propiedades electromagnéticas, minerales, rocas., etc.).

De este modo, cualquier sección estratigráfica en el mundo que posea *D. kugleri* (**P** propiedad de poseer este marcador) se correlaciona, con la parte de

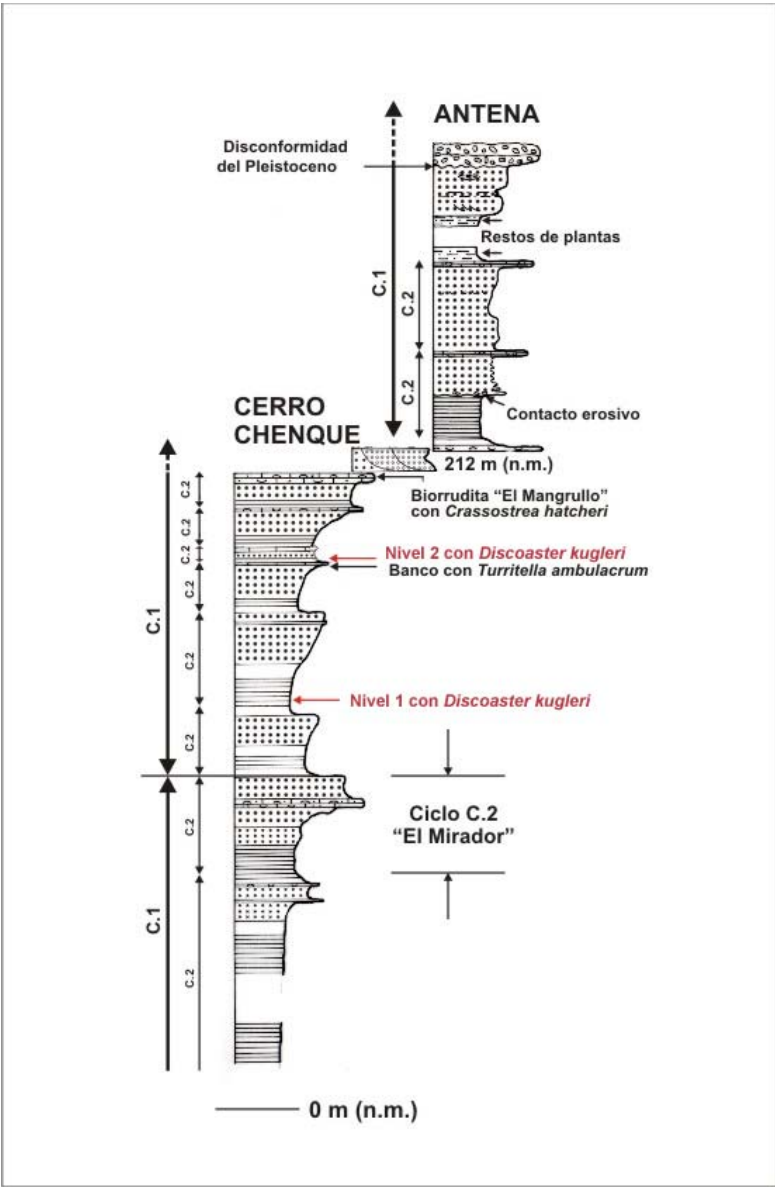
la sección correspondiente del estrato-tipo del Serravallense en Malta.

La Definición  $\alpha$  (en: III.a.1) admite la posibilidad según la cual las propiedades **P** puedan reaparecer dentro de la columna estratigráfica. No es el caso de falencias ocasionales del registro debidas a la mala preservación. La reaparición a la que se alude es la que resulta de procesos que ocurren, o se repiten, en diferentes capítulos, discontinuos entre sí, dentro de la historia geológica. Tal es el caso de un tipo litológico, un conjunto de minerales, un *shift* (o una desviación) en algún oscilograma de propiedades químicas o físicas, o aún, una figura reconocible dentro de un diseño de distribución estratigráfica de propiedades cualesquiera en el marco de la ciclicidad en la sedimentación. Todos estos atributos pueden reaparecer en una sucesión de secuencias de rocas segregadas entre sí, sin quedar por esto descalificados en su aplicación como instrumentos para la correlación local. Un buen ejemplo de estos casos son el sentido de la polaridad paleomagnética, o el diseño de la ciclicidad. Para aplicar la información procedente de procesos recurrentes y que la misma tenga sentido en el marco de procesos históricos (por ejemplo, precisar los deslindes en los estrato-tipo), es necesaria una información previa sobre el sector de la columna dentro del cual se está trabajando, evitando de este modo interpretaciones fallidas.

Aplicando la noción de Superveniencia anticipada arriba en II.c (principalmente II.c.3 y 4) a la correlación en el tiempo dentro de la estratigrafía puede razonarse como sigue:



**Figura 7.** Perfil litológico Cerro Chenque-Antena, en Comodoro Rivadavia, mostrando la ubicación del registro conocido del discoastérido marcador *Discoaster kugleri* (cf Simeoni, 2009, Figura 3)



La antigüedad (edad) Serravalliano (A) superviene sobre el piso Serravallense (B) de modo tal que cualquier sección estratigráfica que incluya la Zona de nannofósiles NN7 posee la antigüedad Serravalliano. Así, es posible reconocer un marcador fósil *Discoaster kugleri* (G) en la parte alta del piso Serravallense (B) tal que si el estrato tipo del Serravalliano lo tiene, entonces, necesariamente, cualquier otra sección (por ejemplo, la sección de El Mirador en el Cerro Chenque, Comodoro Rivadavia) que tiene *Discoaster kugleri* (G) es de la antigüedad del Serravalliano.

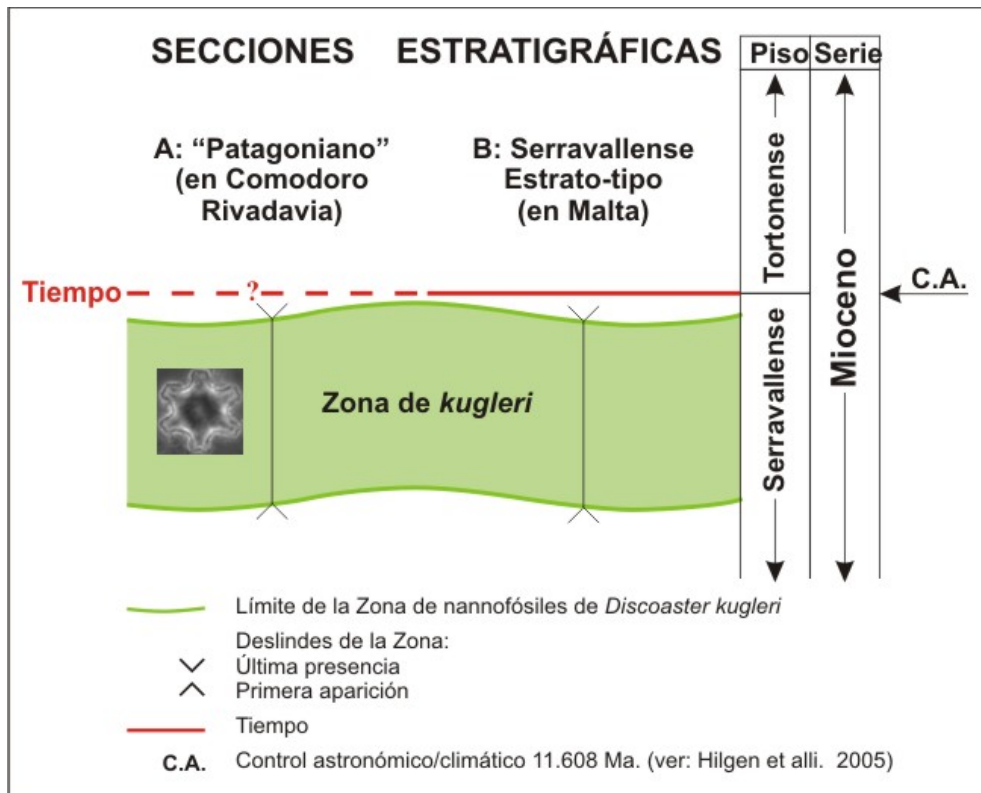
Cualquier sección estratigráfica en el mundo que contiene *D. kugleri* (un marcador no recurrente en el registro fósil) es indiscernible en cuanto a la edad Serravalliano. La condición reversa no es válida o necesaria; por ejemplo, existen en el ambiente continental formaciones sedimentarias de antigüedad Serravalliano que no albergan *D. kugleri*, un fósil del ambiente pelágico marino. Tampoco es el caso de cualquier sección global que contenga un episodio paleomagnético similar a los que puedan reconocerse en la sección tipo del Serravalliano en Malta. El episodio paleomagnético en cuestión es un evento recurrente en el registro paleomagnético de la historia de la Tierra. La sección estratigráfica del Serravalliano no resultaría indiscernible de otras, mas antiguas o mas modernas, poseedoras de un atributo paleomagnético de polaridad similar.

La correlación en el tiempo, como caso de superveniencia fuerte, implica que el atributo *D. kugleri* es relevante para relacionar entre sí dos “mundos” diferentes: El “mundo” del tiempo geológico y sus entidades cronológicas,

donde A (entidad superveniente) está caracterizada una propiedad de naturaleza peculiar dentro de la sucesión evolutiva (una entidad taxonómica nominal, no repetible en el tiempo geológico). El “mundo” estratigráfico, donde B (entidad subveniente) está caracterizado por la *Zona de kugleri*, esta última una entidad corpórea o tangible, también peculiar dentro del registro bioestratigráfico.

La noción de tiempo geológico difiere de la noción de tiempo físico. La evolución de la corteza terrestre y/o la evolución paleontológica, aun cuando puedan ser mejor precisadas en términos de años y sus múltiplos, son eventos irrepetibles. El tiempo geológico se “mide”, o mejor se calibra, con la ayuda de las entidades cronológicas: edades, épocas, periodos, eras y eones. Los sucesos marcadores de la evolución cortical deberían ser “locales” o “terráqueos”, preferentemente únicos o irrepetibles; por ejemplo: la diferenciación entre manto y núcleo, la aparición de los primeros organismos, la adquisición de condiciones oxidantes en la atmósfera, la aparición de las angiospermas, etc. No parece adecuado entonces medir la sucesión temporal para nuestra diminuta “parcela” dentro del Universo con la ayuda del intervalo de traslación de la Tierra alrededor del Sol. La posibilidad según la cual ambos referentes (tiempo geológico / tiempo sidéreo) puedan coincidir necesita confirmar, previamente, que la órbita terrestre, y en consecuencia la sucesión de las traslaciones, no ha sufrido alteraciones en la historia del Sistema Solar. Si han ocurrido alteraciones, el año sidéreo no podría ser un referente del tiempo geológico sin caer en un conflicto circular sin solución.

**Figura 8.** Correlación estratigráfica entre una sección litológica del “Patagoniano” en Comodoro Rivadaiva y el Estrato-tipo del Serravallense (Mioceno medio) en Malta, basada en la presencia compartida de un marcador paleontológico (cf. Simeoni, 2009)



En síntesis, la Definición  $\beta$  no está relacionando estratos entre sí que comparten un registro de objetos, o de sus referentes, sino que predica la existencia de casos ligados a una noción intangible, nominal, no corpórea, como es

una entidad cronológica. Las dos clases de entidades en juego (las cronoestratigráficas y las puramente cronológicas) pertenecen a dos marcos conceptuales diferentes, o si se prefiere a dos “mundos” diferentes: Uno es el que

contiene a la sucesión tridimensional de estratos que se superponen en el espacio. En cambio, el segundo refleja la sucesión en el tiempo geológico que es inobservable.

Las entidades cronológicas A (edad, época período, etc.) que supervienen sobre las entidades cronoestratigráficas B (estratos-tipo y sus categorías mayores respectivas) no registran cambios en sus propiedades, sin que esas diferencias dejen de aparecer en los marcadores de B. Los atributos cronológicos son históricos y se corresponden con procesos evolutivos únicos: la evolución del ciclo endógeno mayor de la Tierra y su atmósfera; las fluctuaciones irregulares, o no previstas, en el flujo calórico recibido del Sol; la secuencia de zonas bioestratigráficas.

#### IV. CONCLUSIONES

1. En geociencias, las entidades cronológicas (intangibles) dependen de objetos que caracterizan las entidades cronoestratigráficas (corpóreas) pero no son reducibles o deducibles de las segundas.

2. Los procesos irreversibles, tales como los que resultan del ciclo endógeno mayor de la Tierra o la sucesión de floras y faunas, son considerados necesarios para caracterizar las divisiones de la Escala del Tiempo Global y la Escala Estratigráfica Internacional.

3. Los procesos recurrentes, tales como ciclicidad controlada astronómicamente, reversiones de la polaridad magnética o dataciones radiométricas calibradas en Ma, son considerados necesarios para precisar los deslindes entre divisiones cronoestratigráficas

previamente caracterizadas por sus peculiaridades históricas.

4. La correlación estratigráfica es mediada por objetos marcadores compartidos. Si los marcadores resultan de procesos recurrentes, entonces la reaparición en el tiempo o en el espacio de estos marcadores no invalida las correlaciones locales. Pero las entidades así correlacionadas no necesariamente son indiscernibles de otras en la misma región o en otras regiones.

5. Las dos clases de entidades anotadas en 1 pertenecen a "mundos" epistémicos diferentes y la relación que se establece entre las mismas puede ser formalizada mediante la estrategia de la superveniencia

6. En sentido amplio, las entidades cronológicas supervienen sobre (dependen de) las entidades cronoestratigráficas.

7. Así, la correlación en el tiempo entre secciones estratigráficas particulares y un estrato tipo de referencia puede llevarse a cabo por la presencia de uno o varios atributos peculiares o únicos (que no se repiten en la columna estratigráfica). Esta presencia compartida hace que las secciones que se comparan sean indiscernibles (o indiferenciables) entre sí respecto del, o los atributos peculiares en cuestión.

8. Respondiendo a la pregunta: ¿La estructura formal de la superveniencia (en sentido amplio) refleja una modalidad de los seres humanos para inferir relaciones entre propiedades o atributos de entidades que pertenecen a "mundos" diferentes?

Desde la perspectiva de las Ciencias de la Tierra la respuesta es afirmativa.

## V, DISCUSIÓN

### **El tiempo superviene al cambio histórico.**

Pendleton, 1997, ha adelantado la hipótesis según la cual el tiempo superviene (o depende) del cambio biológico (cf. Pendleton, 1999-2006). Este autor ha sustentado esta propuesta discutiendo, además, la noción de superveniencia desde la perspectiva de la ética y la moral fundada en atributos naturales. La hipótesis señalada tiene contacto con la noción de tiempo geológico basada, o sustentada, en el fenómeno de cambio evolutivo. El presente apartado (V. Discusión) está dedicada a este tema.

Previamente parece pertinente hacer mención de la noción de “propiedades emergentes”, como ésta es normalmente usada en sistémica. Se trata de aquellos atributos que aparecerían en un nivel de organización superior donde la entidad emergente adquiere una naturaleza diferente, no resultante de la sumas de las partes que la constituyen. Dentro del marco conceptual aludido, normalmente se admite la aparición de leyes propias, las que no pueden ser deducidas o reducidas a las del sustrato inferior. No es este el caso de la superveniencia. La entidad superveniente no emerge de la subveniente pues los atributos que la caracterizan tienen una correlación constante (no necesariamente simétrica), con atributos subvenientes.

También parece adecuado subrayar que los ejemplos mostrados en II.c.1-4 no necesitan invocar la noción de causalidad para relacionar atributos interdependientes que forman parte de “mundos” diferentes. En el caso que interesa a esta contribución (tiempo geológico / sucesión estratigráfica), la

procedencia de “mundos” diferentes de los atributos marcadores se aclara al reconocer el tipo de asociación cognitiva que las liga. Por un lado, las relaciones litoestratigráficas se basan en referentes externos tridimensionales, los que persisten con independencia de los estratígrafos. La noción de tiempo parece ligada, al menos en parte, a la manera según la cual el estratígrafo conecta los datos que justificarán la sucesión de eventos.

### **Cambios propios o control externo?**

La tarea de acotar en años y sus múltiplos el cuadro de las entidades cronológicas globales constituye un soporte indispensable para precisar el marco de referencia de los sucesos ocurridos en la Tierra. La estrategia asume que la órbita terrestre y el movimiento de traslación del planeta han permanecido constantes en su historia. El sostén de la denominada *Geologic Time Scale* (Escala del Tiempo Geológico) tal como la presentan Gradstein et al., 2008, 2004, parece confirmar que las modificaciones en las dataciones de los deslindes para los pisos reconocidos del Fanerozoico en los últimos cuatro años no han variado significativamente (ibid., 2008: 2). Esto quiere decir que se dispone, o se dispondrá, de un componente confiable para delimitar los cambios y eventos geológicos y paleontológicos ocurridos en el planeta.

Un caso análogo lo constituye el esquema cronológico en años para referir los cambios evolutivos en diferentes culturas humanas. Estos cambios deben ser caracterizados por modificaciones en las estructuras sociales imperantes antes que en hitos convencionales. Los atributos de las entidades discretas en las que la historia es segregada atienden al

contenido, o si se prefiere, la “substancia” de las mismas antes que a sus deslindes.

En geología histórica el Eonotema Cenozoico, si bien tiene su GPPS en un nivel de arcillas rojas tomado como marcador para la base del Daniano en el Estrato tipo de El Kef (ver *Global Boundary Stratotype Section and Point*), está caracterizado por una modificación substancial del registro fósil respecto de su antecesor, el Eonotema Mesozoico. En tiempos del Neoproterozoico, el Criogeniano está caracterizado por glaciaciones continentales en el hemisferio norte. Las calotas han sido relacionadas con un diseño paleogeográfico particular: el del supercontinente Rodinia, mejor conocido en años recientes, el que anticipa cambios en el ecosistema marino que devendrá en los tiempos del Ediacariano. Este último caso abre grandes posibilidades para trasladar a la Carta Estratigráfica Global, en lo atinente a los tiempos precámbricos, los aportes de la periodicidad irregular del flujo calórico recibido por el planeta, controlado desde el exterior al mismo (cf. Gradstein, 2008).

Otra posibilidad sería la de adoptar un sistema de divisiones regladas aritméticamente. Tal es el caso de la escala Udden-Wentworth para clasificar las texturas de las rocas clásticas. El criterio actual para enmarcar gran parte de la historia del Precámbrico (que incluye, entre otros, un deslinde convencional entre el Arcaico y el Proterozoico) no puede ser sino una solución transitoria que dejará su lugar a futuros hallazgos y conocimientos resultantes de los cambios propios ocurrido en el planeta.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a las Dras. Patricia Vallati y Margarita Simeoni (Laboratorio de Bioestratigrafía-UNPSJB) la lectura del original.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aubry, M-P. 2007a. Chronostratigraphic terminology. *Stratigr.*, 4: 28-37.
- Aubry, M-P. 2007b. Chronostratigraphy beyond the GSSP. *Stratigraphy*, 4: 46-56.
- Davidson, D. 1970. Experience and Theory. En L. Foster y J. Swanson J. (editores) *Humanities Res. Mental events*. University of Massachusetts Press, 79-101. Nueva edición, en *Essays on Action and Events*. Oxford University Press, 1980.
- Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy, 2009. En: <http://stratigraphy.science.purdue.edu/gssp>
- Grande, L. 1989. Vicariance Biogeography. En: D.E.G. Briggs y P.R. Crowther (eds.), *Palaebiology (a Synthesis)*. Blackwell, London: 448-451.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G & van Kranendonc, M. 2008. On the Geologic Time Scale. *Newslett. on Strat.* **43** (1): 5-13.
- Hedberg, H. D. 1980. Guía Estratigráfica Internacional (traducción del Inglés por Petzal et alli). Reverté, Barcelona, 205 pp.
- Hennig, W., 1968. *Elementos de una Sistemática Filogenética* (traducción del alemán). Eudeba, Buenos Aires, 353 pp.

- Internacional Comisión on Stratigraphy, 2009. En <http://www.stratigraphy.org>
- International Stratigraphic Chart, 2008. En <http://www.stratigraphy.org>
- International Union of Geological Sciences 2009. En <http://www.iugs.org>
- Kim, J. 1984. Concepts of supervenience. *Philos. Fenom. Res.* **45**: 153-176.
- Kim, J. 1993. *Supervenience and Mind (Selected Philosophical Essays)*. Cambridge Univ. Press, 397 pp.
- Kim, J. 2000. *Mind in a Physical World*. The MIT Press, Massach., 141 pp.
- Levy, R., 1960. Entidades estratigráficas. *Holmbergia (Rev. Centro Est. Cs. Nat.)*, **6**: 75-102. Buenos Aires.
- McLaughlin, B. & Bennett, K. 2005. Supervenience. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. En: <http://plato.stanford.edu/entries/supervenience>
- Moore, G. E. 1922. The conception of intrinsic value. *Philosophical Studies*. En: <http://www.ditext.com/moore/intrinsic.html>
- Murphy, M. A. & Amos, S. (editores). *International Stratigraphic Guide, versión 2009*. En: [http // www.stratigraphy.org/column.php?id=Stratigraphic%20Guide](http://www.stratigraphy.org/column.php?id=Stratigraphic%20Guide)
- Musacchio, E. M. 2001. Procesos evolutivos comparados en disciplinas fácticas: isomorfismos o interdependencias necesarias? *Episteme*, **12**: 47-59. Porto Alegre.
- Musacchio, E. A. 2004. Procesos recurrentes y procesos irreversibles en geología histórica. En: *Filosofia e Historia da Ciência no Cone Sul. 3º Encontro AFHIC, 146-154*. Ed. Lulú (2008), ISBN: 978-4357-1633-9. USA.
- Musacchio, E. A. 2008. Los conocimientos en geociencias: casos referentes y acreditación. *Nat. Pat.* **4**(1):1-22.
- Musacchio, E. A. & Foix, N. 2007. Validación y acreditación de los conocimientos desde la perspectiva de las geociencias. En Kramer et al. (editores) *Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Técnica y la Tecnología*. UNQI, Quilmes, **VIII**: 1-23.
- Pendleton, R. L. 1999-2006. Time and Supervenience in the Theories of Value and Free Will. En: [http://home.comcast.net/~robert\\_lloyd\\_pendleton/](http://home.comcast.net/~robert_lloyd_pendleton/)
- Pendleton, R. L. 1999. Change Without Time. En: [http://home.comcast.net/~robert\\_lloyd\\_pendleton/](http://home.comcast.net/~robert_lloyd_pendleton/)
- Pendleton, R. L. 1999-2006. The Ideal Agent Theory. En: [http:// home.comcast.net/~robert\\_lloyd\\_pendleton/the\\_ideal\\_agent.html](http://home.comcast.net/~robert_lloyd_pendleton/the_ideal_agent.html)
- Searle, J. R. 2006. *La Mente* (traducción del inglés por H. Pons). Edit. Norma, Bogotá, 381 pp.
- Simeoni, M., 2008. Nannofósiles del Serravalliano (Mioceno) en Patagonia, Argentina. *Carnets de Géologie. Letter 2009 / 01 (CG2009\_L01)*, 10 pp. En: [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2009\\_L01/CG2009\\_L01.pdf](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2009_L01/CG2009_L01.pdf)
- Urtizberea, A. A. 2002. Idénticos, Indiscernibles y Duplicados. 37 pp. En: <http://www.ehu.es/aarrieta/talks/iid.pdf>
- Wilson, E. O., 1999. *A Unidade do Conhecimento*. Consilência. (traducción al Portugués por I. Korytowsky). Editorial Campus, Rio de Janeiro, 321 pp.

**Naturalia patagónica**, 5(1): 23-27 (2009)

**ESTUDIO DE COLESTEROL EN PECES MARINOS: ABADEJO (*Genypterus blacodes*), ANCHOITA (*Engraulis anchoíta*) Y RÓBALO (*Eleginops maclovinus*)**

**Cholesterol study in marine fish: pink cuskeel (*Genypterus blacodes*), Argentine anchovy (*Engraulis anchoíta*) and Patagonian blenny (*Eleginops maclovinus*)**

Crovetto Cecilia; Sánchez Eduardo; Risso Susana.

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Bioquímica, Ciudad Universitaria Km 4, (9000). Comodoro Rivadavia, Chubut-ARGENTINA. e-mail: srisso@unpata.edu.ar

**RESUMEN**

Este estudio fue desarrollado para la obtención y actualización de datos de las Bases de Datos de Nacionales de Alimentos. Se obtuvieron muestras de tres especies de peces de la Patagonia en distintas estaciones del año. El colesterol se determinó por el método enzimático de colesterol oxidasa, en carne cocida. El contenido del mismo para abadejo (*Genypterus blacodes*), anchoíta (*Engraulis anchoíta*) y róbalo (*Eleginops maclovinus*) fue en el rango de 10 a 27 mg %, 161 a 224 mg % y 24 a 76 mg % respectivamente. Este estudio puede ayudar a recomendar la cantidad a consumir de dichos alimentos. Los valores cambian en las distintas estaciones para la carne cocida. Esta es una contribución al conocimiento de los valores de colesterol de las especies de peces Patagónicos.

**Palabras clave:** colesterol – lípidos – peces marinos



## ABSTRACT

This study was undertaken to produce cholesterol data in order to update the National Food Composition Data Base. We obtained the sample of the three Patagonian fish species in four seasons of the year. The cholesterol content was determined by cholesterol oxidase enzymatic method in boiling meat. The cholesterol content ranged for pink cuskeel (*Genypterus blacodes*), Argentine anchovy (*Engraulis anchoíta*) and Patagonian blenny (*Eleginops maclovinus*) from 10 to 27 mg %, 161 to 224 mg % and 24 to 76 mg % respectively. This study can be used to recommend the amount to consume. Cholesterol values had seasonal change in cooked flesh. This is a contribution to cholesterol amount knowledge of Patagonian seafood.

**Keywords:** *cholesterol- fat- marine fish.*

## INTRODUCCION

Los peces abadejo (*Genypterus blacodes*), anchoíta (*Engraulis anchoíta*) y róbalo (*Eleginops maclovinus*) son especies que están presentes en la plataforma marino-patagónica. La exportación del año 2007, según datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, de abadejo fue de 9.359 toneladas (U\$S 40.691.838) y de anchoíta 12.410 (U\$S 22.066.838) siendo los principales compradores España, Brasil y Perú de estas especies. Del róbalo no se encuentran datos de exportación oficiales del año 2007, pero su captura oscila de 0,5 a 2 mil toneladas (Redes, 2005) y su destino es el mercado interno.

El contenido de grasa y colesterol varía en los peces según su ciclo biológico y alimentación. Estos valores son importantes en el perfil nutricional (Connell, 1990).

Dado que se carece de información sobre el contenido de colesterol en estos peces, su determinación resulta de especial importancia. Los resultados serían un aporte valioso al rótulo

nutricional y conocimiento general de estos productos.

Si bien es ya conocido que el aporte de colesterol exógeno no reviste la importancia que se le asignaba en la génesis de la aterosclerosis, no deja de ser interesante este dato, ya que el pescado de mar es parte mayoritaria, sino excluyente, de la dieta en pobladores patagónicos.

Nuestro objetivo fue determinar el valor de colesterol en carne cocida de tres especies de peces de consumo habitual en la región: abadejo, anchoíta y róbalo, en distintas estaciones del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Obtención de muestra**

Se trabajó con 15 ejemplares de abadejo y róbalo y 30 de anchoíta obtenidos en el Puerto de Comodoro Rivadavia en primavera, verano, otoño e invierno para abadejo y róbalo. Anchoíta se capturó en dos estaciones del año: verano y otoño. El arte de pesca empleado para los mismos fue la red de arrastre de fondo con luz de malla 120 mm.

**Tratamiento y preparación de las muestras**

Los individuos fueron medidos (cm) y pesados (g) a fin de obtener datos de ejemplares adultos. La longitud se determinó con calibre de precisión 0,1 mm. El peso se obtuvo con balanza de 2 decimales de precisión y se expresó en gramos (g).

Las muestras se prepararon en porciones de 5 cm por 2 cm y fueron cocidas en agua caliente durante 10 minutos. Se preparó un homogeneizado de cada una, que se almacenó en freezer a -20 °C hasta la determinación de colesterol.

**Determinaciones**

El colesterol se extrajo por maceración en hexano de la carne cocida durante 24 horas. Se llevó a sequedad en un equipo de rotavapor y se disolvió en un 1 ml de hexano. Se determinó por método enzimático (Roschallau, 1975). Los ensayos se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como mg de

colesterol en 100 g de carne. Con los resultados obtenidos se realizaron estudios estadísticos de análisis de la varianza y test no paramétricos de Tukey y Kramer (Sokal & Rholf, 1981).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las medidas de longitud y peso para las tres especies se presentan en la Tabla I.

Los resultados de colesterol en carne cocida de estas especies para las distintas épocas del año oscilan entre 10 y 224 mg/ 100 g de carne Tabla II.

En abadejo el menor valor de colesterol fue de 10,76 ± 3,02 mg % en primavera y el mayor fue de 27,13 ± 2,94 mg % en otoño.

Para la anchoíta los datos obtenidos fueron 161,13 ± 5,06 mg % en verano y 224,79 ± 16,33 mg % en otoño.

En róbalo el valor más bajo fue de 24,70 ± 2,04 mg % en primavera y el mayor se obtuvo en verano 76,02 ± 13,20 mg %.

**Tabla 1.** Medidas morfométricas de longitud y peso de abadejo, anchoíta y róbalo.

	Abadejo	Anchoíta	Róbalo
Longitud (cm)	83-120	12-16	69-80
Peso (g)	1.900-4.500	9,22-23,74	1.800-4.000

**Tabla II.** Valores de colesterol en distintas épocas del año.

Estación	mg de colesterol en 100 g de carne cocida		
	Abadejo	Anchoíta	Róbalo
Primavera	10,76 ± 3,02 <sup>a</sup>	nd	24,60 ± 2,04 <sup>a</sup>
Verano	16,16 ± 0,13 <sup>a,b</sup>	161,13 ± 5,06 <sup>a</sup>	76,02 ± 13,20 <sup>b</sup>
Otoño	27,13 ± 2,94 <sup>c</sup>	224,79 ± 16,33 <sup>b</sup>	30,12 ± 2,83 <sup>a</sup>
Invierno	18,41 ± 2,64 <sup>b</sup>	nd	25,76 ± 2,83 <sup>a</sup>

nd: no determinado. Las letras dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (p < 0,05).

## DISCUSION

Las variaciones de la composición química de la carne de peces y mariscos, en particular la grasa, están muy relacionadas con la alimentación, la migración y principalmente con el desove, donde se produce un gasto energético importante (Marquez, et al., 1996; de Vido 1984).

Los valores encontrados para abadejo y róbalo son inferiores a las 97 especies de peces estudiados por Mathew et al. (1999) en la India, con valores máximos 112 mg % para *Sillago sihama* y 148 mg % para *Lethrinus cinerius*. Y los obtenidos por Luzia et al. (2003) en Brasil con 92 mg % para curimbatá (*Prochilodus sp*) en verano.

El colesterol obtenido en 10 especies de peces determinados por Osman et al. (2001) resultan superiores a los datos para abadejo e inferiores a los del róbalo, entre 37,1 - 49,1 mg %.

En todos los casos los valores obtenidos por las investigaciones ya mencionadas para especies de peces, son menores que los valores de colesterol en anchoíta de verano y otoño.

Comparando el rango de colesterol de abadejo y róbalo con valores de carne cocida de otras especies marinas de la zona como mejillón, sombrerito, calamar y langostino, cuyos valores máximos son 69,03 mg %, 87,10 mg %; 85,96 mg % y 38,96 mg % respectivamente (Crovetto et al., 2007), puede observarse que el sombrerito y el calamar presentan en ciertas épocas del año valores superiores a estos peces, pero siempre son superados por los valores de la anchoíta.

## CONCLUSIÓN

Se observa gran variación en las distintas estaciones del año y según la especie. El abadejo y el róbalo casi

triplican y la anchoíta duplica su valor de colesterol en las distintas estaciones.

Con el aumento de consumo de pescado, mariscos y derivados a nivel mundial estos datos de contenido de colesterol pueden ayudar a la elaboración de dietas que necesitan controlar la ingesta de colesterol.

## BIBLIOGRAFÍA

- Connell, J. J. 1990. Control of fish quality. 3<sup>rd</sup> Edition Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, England: 9.
- Crovetto, C.; Varisco, M.; Barrientos, E.; Sánchez, E. & Risso, S. (2007). Contenido de colesterol en mariscos comerciales patagónicos. *Naturalia Patagónica*, **3** (2): 37 – 34.
- De Vido de Mattio, N. 1984. Variaciones estacionales en el índice de condición y composición bioquímica de la almeja rayada *Ameghinomya antiqua* (King, 1831) en el golfo San José. Centro Nacional Patagónico. *Contrib. Científica Centro Nacional Patagónico* (CENPAT), **100**: 6.
- Luzia, L. A.; Sampaio, G. R.; Castellucci, C. M. N. & Torres, E. A. F. S. 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chemistry*, **83**: 93-97.
- Márquez, M. E.; Casaux, R. J. & Mazzotta, A. S. 1996. Cambios estacionales en la composición química del tejido muscular de *Notothenia rossii*. *La Industria Cárnica Latinoamericana*, **102**: 22-28.
- Mathew, S.; Ammu, K.; Viswanathan Fair, P. G. & Devadasan, K. 1999. Cholesterol content of Indian fish

Crovetto C.: *Colesterol en peces.*

- and shellfish. *Food Chemistry*, **66**: 455-461.
- Osman, H.; Suriah, A. R. & Law, E. C. 2001. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. *Food Chemistry*, **73**: 55-60.
- Redes. 2005. Redes de la Industria Pesquera Argentina, **142**:220.
- Roschlau, P.; Bert, E. & Gruber, W. 1975. 9th Congress on Clinica Chemistry, Toronto.

Naturalia patagónica, 5(1): 28-32 (2009)

**EL ACEITE ESENCIAL DE “CHARCAO”: *SENECIO BRACTEOLATUS* VAR.  
*BRACTEOLATUS* HOOK. ET ARNOTT**

**The Essential Oil of “charcao”: *Senecio bracteolatus* var.  
*bracteolatus* Hook. et Arnott**

González Silvia B.<sup>1</sup>, Bandoni Arnaldo L.<sup>2</sup>, van Baren Catalina<sup>2</sup>, Di Leo Lira Paola<sup>2</sup>, Coussio Jorge D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia SJB, Sede Esquel, Ruta 259, km 4, 9200 Esquel, Chubut, Argentina. E-mail: silviagh@ciudad.com.ar

<sup>2</sup>Cátedra de Farmacognosia, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 956, 1113 Buenos Aires, Argentina.

**RESUMEN**

Las hojas y tallos del *Senecio bracteolatus* var. *bracteolatus* Hook. et Arnott colectado en Cholila, provincia del Chubut, Patagonia, Argentina, fueron extraídos por hidrodestilación obteniéndose un rendimiento de aceite esencial del 1.3%, el que fue analizado mediante GC y GC/MS. Los principales constituyentes fueron monoterpenos:  $\alpha$ -pineno (69.3%),  $\beta$ -pineno (7.6%), sabineno (7.2%),  $\alpha$ -felandreno (1.3%),  $\beta$ -felandreno (2.3%) y o-cimeno (1.4%). El aceite esencial posee un olor herbáceo-dulce muy agradable.

**Palabras clave:** Aceite esencial, *Senecio bracteolatus*, monoterpenos, Patagonia.

**González, S.B.:** El aceite esencial de "charcao" *Senecio bracteolatus*.

#### **ABSTRACT**

The leaves and stems of *Senecio bracteolatus* var. *bracteolatus* Hook. et Arnott collected in Patagonia, Argentina, were extracted by hydrodistillation yielding 1.3% of essential oil, which was analyzed by GC and GC/MS. The main constituents were monoterpenes:  $\alpha$ -pinene (69.3%),  $\beta$ -pinene (7.6%), sabinene (7.2%),  $\alpha$ -phellandrene (1.3%),  $\beta$ -phellandrene (2.3%) and o-cymene (1.4%). The oil has a pleasant sweet-herbaceous odour..

**Keywords:** *Senecio bracteolatus*, essential oil, monoterpenes, Patagonia.

#### **INTRODUCCION**

El género *Senecio*, perteneciente a la familia de las Asteraceae, es uno de los más numerosos dentro de las angiospermas, incluyendo unas 3.000 especies en todo el mundo y contando en Argentina con unas 270 especies.

*Senecio bracteolatus* var. *bracteolatus* Hook. et Arnott, es una especie aromática y medicinal nativa de la Patagonia (Cabrera, 1971), la cual es popularmente conocida como "charcao" y ha sido utilizada en la medicina popular para el tratamiento de afecciones reumáticas, dolor de dientes y como parte del ritual en los nacimientos de los niños de etnia mapuche (González y Molares, 2001).

El olor agradable de su aceite esencial sugiere su potencial utilidad en la industria de fragancias. En este trabajo se determina el rendimiento y la composición del aceite esencial obtenido de hojas y ramas.

No se han encontrado publicaciones previas sobre la composición química de *S. bracteolatus*, a excepción del trabajo de Montes (Montes y Cymmerman, 1964), que con los medios de la época logra identificar sólo dos componentes:  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -felandreno,

en una muestra colectada en el mes de Enero de 1960 en Pilcaniyeu, Prov. de Río Negro, y obtenida por destilación por arrastre con vapor.

El aceite esencial de *S. bracteolatus* fue utilizado además durante un experimento realizado en el transbordador Atlantis en la misión espacial llevada a cabo desde el 19 al 29 de mayo de 2000, en el vuelo STS 101, como parte de los experimentos de la SEM-NASA-CONAE (Space Experiment Module, National Aeronautics and Space Administration y Comisión Nacional de Actividades Espaciales) (González et al., 2000)..

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Muestreo:** las hojas y los tallos fueron colectados en el mes de abril del año 1995 en los alrededores de la localidad de Cholila, aproximadamente a 80 km al NO de la ciudad de Esquel, Departamento de Futaleufú, Provincia del Chubut. El material vegetal fue identificado por el Ing. Pedro Guerra y el ejemplar de herbario se encuentra en la Cátedra Plantas Aromáticas bajo el número PAE 001.

**González, S.B.:** El aceite esencial de "charcao" *Senecio bracteolatus*.

**Aceite esencial:** El aceite fue obtenido por hidrodestilación (3 horas) del material oreado en un equipo similar al descrito en la Farmacopea Europea (1997). Se realizaron cinco extracciones de muestras de 500 g cada una, y se obtuvo un volumen promedio de 6.5 ml.

**Identificación de los compuestos:** Los constituyentes del aceite esencial fueron identificados por cromatografía de gases (GC), usando índices de retención (IR) y estándares cromatográficos en dos columnas de diferente polaridad. Los índices de retención fueron calculados respecto a una serie homóloga de metil ésteres de ácidos grasos (C<sub>4</sub> to C<sub>18</sub>). Los porcentajes fueron calculados usando el área de los picos sin utilizar factores de corrección.

La identificación de los compuestos fue confirmada por cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS). Los espectros de masas fueron comparados con los de nuestra base de datos personales, los reportados en la literatura (NIST/EPA/NIH, 1992 y Adams, 1995), o por comparación directa con patrones puros.

**GC Analítica:** Los análisis GC del aceite fueron realizados en un cromatógrafo de gases Varian Star 3400 CX. Columnas: SE30 (40 m × 0.25 mm, espesor de fase: 0.25 μm) y Carbowax 20M (60 m × 0.25 mm, espesor de fase: 0.25 μm). Detector: FID. Fase móvil: nitrógeno (0.8 mL/min). Relación de split:

1:90. Programa de temperatura: temperatura inicial 75 °C (4 min); incremento 3 °C/min; temperatura final 220 °C (15 min); temperatura del inyector: 220 °C; temperatura del detector: 250 °C; volumen de inyección: 0.3 μL.

**GC/MS:** El análisis GC/MS fue realizado en un equipo Perkin Elmer Q-MASS 900 GC/MS, operando con voltaje múltiple 1159 mV y 70 eV. El cromatógrafo fue equipado con las mismas columnas utilizadas en el análisis GC. Las condiciones de trabajo fueron las mismas descritas anteriormente, a excepción de la fase móvil: helio (1 mL/min).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las partes aéreas de *S. bracteolatus* rindieron 1.3% (V/P de material oreado) de un aceite esencial incoloro de olor agradable (densidad relativa 0.8747, índice de refracción 1.4594 a 20°C). La tabla 1 resume el análisis GC/MS cuali y cuantitativo del aceite esencial obtenido en abril de 1995. Se logró identificar el 96.5% de la composición total, perteneciendo la mayoría de los compuestos a la familia de los monoterpenos. Los principales componentes fueron α-pineno (69.3%), β-pineno (7.6%) y sabineno (7.2%). Otros compuestos relevantes fueron α-felandreno (1.3%), β-felandreno (2.3%) y o-cimeno (1.4%).

**González, S.B.:** El aceite esencial de "charcao" *Senecio bracteolatus*.

**Tabla 1.** Composición porcentual del aceite esencial de *Senecio bracteolatus*.

Nro de pico <sup>a</sup>	Compuesto	IR <sub>1</sub> <sup>b</sup>	IR <sub>2</sub> <sup>c</sup>	%
1	$\alpha$ -pineno	114	214	69.3
2	$\beta$ -pineno	149	228	7.6
3	sabineno	155	225	7.1
4	$\delta$ -3-careno	171	242	0.4
5	mirceno	174	231	2.5
6	$\alpha$ -felandreno	178	238	1.3
7	$\alpha$ -terpineno	202	244	0.5
8	limoneno	204	251	1.1
9	$\beta$ -felandreno	208	251	2.3
10	cis- $\beta$ -ocimeno	221	252	0.1
11	$\gamma$ -terpineno	221	252	0.2
12	trans-ocimeno	223	258	0.2
13	ocimeno	233	245	1.4
14	terpinoleno	249	282	0.2
15	hexil-2-metilbutirato	325	356	0.3
16	linalol	376	284	0.1
17	cis-sabineno hidrato	383	267	0.1
18	$\beta$ -elemeno	392	437	t
19	terpinen-4-ol	405	324	0.8
20	trans-dihidrocarvona	421	348	0.1
21	trans-verbenol	427	309	0.1
22	citronelil acetato	432	329	0.2
23	neral	440	304	0.2
24	$\alpha$ -terpineol	449	329	0.3
25	$\gamma$ -muroleno	452	480	0.2
				96.5

<sup>a</sup>Los compuestos aparecen listados de acuerdo al orden en la columna polar.

<sup>b</sup>Índice de retención en Carbowax 20M

<sup>c</sup>Índice de retención en SE30



**González, S.B.:** El aceite esencial de "charcao" *Senecio bracteolatus*.

### CONCLUSIONES

El presente trabajo es una contribución al conocimiento de la flora aromática patagónica, en particular al género *Senecio*, muy abundante en especies en la región. *Senecio bracteolatus* presenta la particularidad de poseer un contenido relativamente elevado de aceite esencial y un aroma con potencialidad para la industria perfumística-cosmética, o eventualmente para semisíntesis de otros productos de interés, debido a su alto porcentaje del monoterpeno  $\alpha$ -pineno. El alto contenido de monoterpenos podría justificar el uso popular como antirreumático dado el efecto rubefaciente que poseen el  $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno.

### AGRADECIMIENTOS

A los Proyectos UBACYT BO19 y BO14.

### BIBLIOGRAFÍA

- Adams R.P., 1995. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publ., Carol Stream, IL, 469 pp.
- Cabrera A. L., 1971. Flora Patagónica VII: Compositae. Colección Científica del INTA, 242-243.
- European Pharmacopeia, 1997. 3<sup>o</sup> edition, Section 2.8.12. Council of Europe, Strasbourg, 121-122.
- González, S.B. y S. Molares, 2001. Relevamiento etnobotánico de plantas medicinales nativas y naturalizadas del noroeste del Chubut. Resúmenes del X Simposio Latinoamericano y VII Simposio Argentino de Farmacobotánica, Comodoro Rivadavia, Argentina, 37
- González, S.B., N.Camino, S. Molares, A. L. Bandoni, C. van Baren y P. Di Leo Lira, 2000. *Estudio de la estabilidad de aceites esenciales de plantas aromáticas patagónicas enviados al espacio en el Transbordador Atlantis* En Internet <http://www.plaza-del-cielo.org/aceitesespaciales.htm>. Ingreso 23 de septiembre de 2008.
- Montes A. L. y L. Cymerman, 1964. Esencias de plantas aromáticas del Parque Nacional Nahuel Huapi y sus aledaños. *Anal. Soc. Cient. Arg.*, **177**, 34-44.
- NIST/EPA/NIH mass spectral database, 1992. Version 4.1. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

**CARACTERÍSTICAS Y EVOLUCIÓN DEL TÓMBOLO CABO BLANCO, PROVINCIA  
DE SANTA CRUZ, ARGENTINA**

**Characteristics and evolution of Cabo Blanco, Santa Cruz Province, Argentina.**

Iantanos, N.<sup>1</sup>, Moreno, E.<sup>2</sup>, Andolfo, M.<sup>4</sup> Isla, F.<sup>3</sup> y Castro, A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Inst. Desarrollo Costero –Geología – Fac. Nat.-UNPSJB. iantanos@unpata.edu.ar

<sup>2</sup>CENPAT-UNPSJB julianemoreno@yahoo.com.ar

<sup>3</sup>CONICET-UNMDP [fisla@mdp.edu.ar](mailto:fisla@mdp.edu.ar)

<sup>4</sup>UNLP y Museo

**RESUMEN**

Se analizan las características del tómbolo Cabo Blanco (47° 12' S; 65° 44' O, Santa Cruz) y playas linderas, ubicados a 88 km de Puerto Deseado. Sobre la base de las fotografías aéreas y los trabajos de campo, se establece la influencia de la dinámica marina en el desarrollo de este sector costero. La evolución de las geoformas estudiadas está directamente relacionada con los cambios relativos del nivel del mar. Hace aproximadamente unos 18.000 años los glaciares alcanzaron un desarrollo que se supone alcanzó tres veces más que su extensión actual. El nivel del mar bajó entonces unos 120 m y grandes extensiones hoy cubiertas por el mar eran tierra firme, permitiendo las grandes migraciones humanas y de fauna que signaron aquellas épocas. Posteriormente sobrevino un gran cambio climático, la temperatura aumentó y el retroceso de los glaciares fue de cientos de kilómetros, lo que debió traer aparejado por lo menos dos consecuencias: ascendió el nivel del mar inundando grandes planicies costeras y las zonas liberadas de la carga de hielo iniciaron un paulatino ascenso. Esta combinación de efectos glacieustáticos y glacioisostáticos pueden considerarse los responsables de la morfología costera patagónica, en donde las playas fueron ocupando líneas contiguas, progresivamente más próximas a la posición actual. El paisaje hoy observado, es entonces, el resultado de los procesos que actualmente actúan sobre la superficie terrestre, pero también de rasgos heredados de periodos en que las condiciones ambientales eran diferentes a las actuales.

**Palabras clave:** playas fósiles, efectos glacieustáticos, efectos glacioisostáticos, evidencias arqueológicas.

## **ABSTRACT**

We analyzed the characteristics and evolution of the Cabo Blanco promontory and adjacent beaches located on the Atlantic coast. By means of aerial pictures and fieldwork, we established the influence of the marine dynamics on the development of this coastal sector. The evolution of the studied geo-forms is strictly related to the relative sea level changes. Approximately 18.000 years ago the glaciers reached their maximum development, the sea level started falling, and, big extensions today covered by the sea, were firm land, allowing a big human and faunistic migration. The big climatic changes and the inherited features, are the responsible of today's landscape. This document aims to provide a synthesis of the evidences left by those geological processes added to the cultural ones, which operated in a geological recent past in the coastal sector of Cabo Blanco.

**Keywords:** Fossil beaches, eustatics process, isostatic process archaeological evidences.

## **INTRODUCCION**

Si bien el poblamiento de América estuvo condicionado al descenso del nivel del mar durante el Pleistoceno, existen pocos sectores de la costa donde pueda precisarse la ocupación humana como consecuencia del pequeño descenso del nivel del mar que tuvo lugar con posterioridad al máximo transgresivo holocénico.

El tómbolo del Cabo Blanco se formó durante ese descenso del nivel del mar, y las ocupaciones humanas tanto en el continente como en el tómbolo han permitido reconstruir esta ocupación.

Existen pocos sectores de la costa sudamericana donde pueda encontrarse tan claramente esta relación estabilidad

de la costa-ocupación humana. Ejemplos no tan precisos se han descritos en el valle glacial Beagle (Piana et al, 2004) o la planicie de playas de Santa, Perú (Wells 1996; Wells y Noller 1999).

El tómbolo se define como la unión entre una isla de roca resistente y dura, con el continente. La isla se interpone al desplazamiento de las olas, produciendo la difracción o deformación de las mismas. El material transportado por las olas es depositado en el espacio existente entre la isla y tierra firme, originando de este modo, una acumulación de material areno-gravoso, que conectará ambos espacios, dando origen al tómbolo.

**Figura 1a:** Foto aérea de Cabo Blanco.



El presente trabajo tiene como objetivos proporcionar una síntesis de las evidencias dejadas por aquellos procesos geológicos (geomorfológicos – hidrodinámicos) sumados a los culturales, que interactuaron en un pasado geológico reciente en el sector costero de Cabo Blanco en la provincia de Santa Cruz y nos permiten indagar en su evolución geológica e histórica.

Para ello se consideraron las siguientes características:

a) *la distribución granulométrica:* las playas adosadas al tómbolo son de gravas y arenas medianas.

b) *El tipo de roca aflorante:* el Grupo Bahía Laura (Jurásico medio a superior) formado por rocas de variada naturaleza afloran en las áreas analizadas permitiendo clasificar al sector como una costa rocosa.

Figura 1b

c) *Las mareas:* es una costa macromareal, con mareas semidiurnas de rango normalmente superior a 3.63 m (SHN, 2006).

d) *Las corrientes:* la deriva litoral dominante es hacia el sur (Codignotto, 1990). El cambio de orientación de la costa en donde son comunes ensenadas y bahías produce una atenuación de la deriva por sectores. Desde el sur ingresa, parcialmente en el Golfo San Jorge, una corriente fría. (Carreto *et. al.*; 2007).

e) *El clima:* se utilizaron, para la zona de Cabo Blanco, los únicos datos registrados que corresponden al período 1961-1968 (SMN, 1970).

f) *El registro arqueológico:* fundamentalmente se utilizó la información cronológica, obtenida en la mayoría de los casos por Carbono 14 y en otros a través de características tipológicas. Por lo general, los sitios arqueológicos revisados y analizados están sobre las geoformas,

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

por lo que permiten asignar una antigüedad mínima a estas.

#### **Breve Reseña Histórica**

Las primeras ocupaciones humanas en Patagonia Central, fueron detectadas en la altiplanicie de Santa Cruz hace más de 11000 años (Cardich *et al.*, 1973, Cardich 1987; Miotti 1996, Miotti *et al.*, 1999, Paunero *et al.* 2005). El sector costero de Santa Cruz, en particular, presenta ocupaciones desde hace por lo menos 6000 años (Castro y Moreno, 1996-98).

En el Holoceno Tardío, la costa norte de Santa Cruz empieza a ser utilizada intensamente por parte de grupos cazadores recolectores. Estas ocupaciones se caracterizan por una alta densidad de sitios arqueológicos, en relación a la zona interior inmediata; además los sitios están dispuestos en clara relación espacial con los recursos marinos particularmente con los bancos de moluscos. Estos sitios están formados por acumulaciones de valvas (concheros) y los restos óseos hallados dentro de ellos corresponden en su mayor parte a pinnípedos y aves marinas. Los restos de animales terrestres, casi exclusivamente guanaco, no superen en ningún caso el 10% de la muestra. Entre los artefactos hallados en los sitios y en colecciones de la zona, se destacan los arpones de hueso y los rompecráneos, ambos vinculados a la captura de animales marinos.

A partir del 1520 empiezan a llegar a la región viajeros españoles que en algunos casos se establecen en la costa para invernar, reabastecerse o reparar sus navíos, haciendo contacto esporádico con los grupos que habitaban este lugar. A partir del siglo XVIII estos contactos se hacen más frecuentes especialmente cuando los españoles intentan establecerse en distintos puntos de la costa como la colonia de Floridablanca en la Bahía de San Julián y en Puerto Deseado. En este momento entre los grupos indígenas se produce un cambio significativo al adoptar el caballo fundamentalmente como medio de movilidad, ayuda en las cacerías y alimento. Además de esto se establecen fuertes relaciones comerciales con la sociedad eurocriolla y otros grupos indígenas.

Se ha postulado que con la adopción de este animal se producen cambios significativos en la forma de vida de estos grupos, entre otros se abandonaría la utilización de recursos marinos (Moreno, 2003; Gómez Otero, 2007).

Hacia finales del siglo XIX, como producto las campañas militares y la expansión ganadera gran parte de los grupos patagónicos pierden su autonomía al ser enviados a reservas o incorporados, en general como peones, al sistema ganadero.

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

**Figura 1b:** Faro de Cabo Blanco.



#### **Caracterización del área de estudio**

Cabo Blanco es el nombre que se le ha asignado a un conjunto de rocas sedimentarias del Grupo Bahía Laura, (Feruglio, 1950), que se unen al continente por una serie de cordones litorales compuestos por gravas y arenas sueltas.

El Grupo Bahía Laura (Lesta y Ferrello, 1972) está integrado por las Formaciones Chon Aike y La Matilde

(Stipanovic y Reig, 1956; Archangelsky, 1967), sin embargo en el área de estudio solo aflora Formación Chon Aike compuesta de ignimbritas de composición riolítica a riodacítica, entre las que se observan escasas brechas volcánicas y tobas. Sus colores varían desde rojos a violáceos. Las capas tienen ocasionalmente una suave inclinación hacia el noroeste-sureste.

En el tómbolo se han detectado 68 sitios arqueológicos, dos de los cuales

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

son de importantes dimensiones: Cabo Blanco 1 y Cabo Blanco 58. Además se hallaron vestigios de enterratorios indígenas del tipo denominado “chenque”, lamentablemente destruidos por acción de los coleccionistas (Castro y Moreno, 2000). Se realizaron cuatro dataciones radiocarbónicas.

### **Caracterización climática**

En esta región desértica (Köppen, 1918) y fría, predominan períodos de bajas temperaturas invernales con fuertes vientos secos soplando desde el oeste, y de moderada temperatura en verano. Los veranos son poco calurosos; sumado a la falta de continentalidad, hacen que las estaciones del año no estén bien definidas desde el punto de vista térmico. No existe verano térmico (la temperatura

media mensual no supera los 20° C). El invierno térmico comienza a fines de abril y finaliza en octubre (la temperatura media mensual es menor de 10 °C).

Las precipitaciones son escasas y del total de agua caída, gran parte de ella retorna a la atmósfera debido a la evapotranspiración, una cantidad poco importante se infiltra y es ínfima la que escurre superficialmente.

Caracterizada por vientos predominantes del oeste, con velocidades medias máximas hacia fines de primavera y verano, con valores promedio de 30 km/h y con ráfagas que suelen superar los 100 km/h. La velocidad media mensual para la dirección noroeste es máxima desde octubre a diciembre y mínima en los meses de mayo a julio, coincidiendo con los períodos de calma. (SMN, 1970).

**Figura 2:** Secuencia de adquisición de datos de resonancia magnética nuclear.



Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

**Figura 3:** vista panorámica hacia el sur del faro de Cabo Blanco. Bahía Tranquila.



## Resultados

El área se originó como valles tectónicos de drenaje hacia el Atlántico desde el Mesozoico del Deseado. Estas acumulaciones de sedimento fueron retrabajadas por el mar durante repetidos highstands, en una morfología irregular dada por los afloramientos volcánico-clásticos de Grupo Bahía Laura. El tómbolo se origina entonces por la morfología heredada del Jurásico, que controla la disponibilidad de gravas que conforman cordones de playa, dejando depresiones ocupadas por salinas y/o lagunas.

Desde el tómbolo de Cabo Blanco hacia el noroeste se extienden a orillas

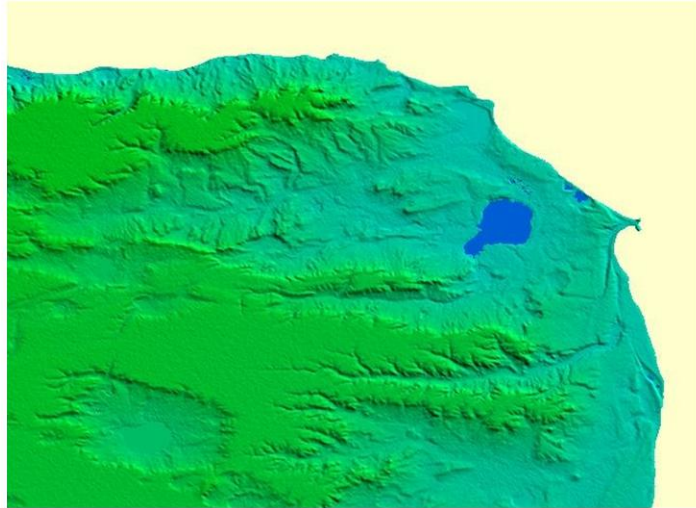
del mar, un conjunto de acumulaciones cordoniformes, de composición gravosa, subparalelos entre sí, decrecientes en altura y escalonados hacia la costa. Caracterizados además por la ausencia de vegetación y de restos de conchillas.

El cordón, topográficamente más alto, denominado en este trabajo **Nivel 2**, alcanza los 14 m snm y desde allí comienzan a descender varios cordones subparalelos y contiguos (ocho ondulaciones paralelas a la playa actual), indicativos de sucesivas líneas de costa. Este cordón más alto está separado de un cordón interior, al que llamaremos **Nivel 1**, por medio de una planicie mareal inactiva caracterizada por presentarse como una depresión de fondo fangoso.



Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

**Figura 4:** Modelo digital de terreno de la zona de Cabo Blanco. ([www.srtm.cgjar.com](http://www.srtm.cgjar.com)).



Este cordón interior, de 9 m s.n.m, vegetado por gramíneas, fue el primero en formarse cuando el descenso del nivel del mar comenzó a dejar expuestas las rocas del Grupo Bahía Laura que afloraban a modo de islas. La acreción de gravas y arenas sueltas entre estas rocas y tierra firme dio inicio a un tómbolo incipiente que presentaba hacia ambos lados planicies mareales de escasa profundidad.

Cuando comienzan a formarse los cordones del Nivel 2, aquellas planicies mareales comenzaron a perder vinculación con el mar, hasta que la acumulación sucesiva de cordones litorales, paralelos a la playa actual, las dejó totalmente desvinculadas e inactivas.

Del lado de Bahía Tranquila se observa este mismo Nivel 2, extendiéndose

en forma de arco convexo. La diferencia con la otra margen del Cabo estriba en la ausencia de las ocho acumulaciones de cordones, que separan este cordón del mar actual, es decir sobre la costa de la Bahía Tranquila el cordón de 14 m snm cae, a modo de escarpa, abruptamente sobre la playa actual.

El desarrollo del mismo, es bastante singular, ya que alcanza su mayor espesor hacia el extremo sur y termina acunándose en la parte central de la Bahía, donde desaparece por completo. Las razones de este desarrollo desigual podrían ser atribuidas, en parte, a la acción de las corrientes de deriva que de norte a sur se desplazan por el Golfo San Jorge (Codignotto, 1990) sumada a la corriente litoral que de sur a norte ingresa parcialmente en el extremo sur del mismo

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

Golfo (Carreto *et al.*, 2007). Asimismo, la incidencia de los vientos del oeste, que justamente, evidencian su máxima acción en el sector mas desprotegido y expuesto que es el sector central de Bahía Tranquila.

A unos 500 m hacia el oeste, del Nivel 1, se halló un sitio arqueológico de gran tamaño (Cabo Blanco 58), en el que se detectaron dos ocupaciones distinguibles estratigráficamente. Se extrajeron muestras de hueso y carbón del componente inferior pero aun no se cuenta con los resultados. Sin embargo en la superficie del sitio se registraron puntas de proyectil apedunculadas similares a las correspondiente a la denominada "Tradición Toldense" o "Tradición Río Pinturas" datadas en la cuenca del Río Pinturas entre el 9500 y el 2500 AP, (Aschero 1987; Borrero 1994), similares a las halladas en el Lago Cardiel, con la misma cronología (Belardi 2005:63).

El primer contacto con el continente se desarrolló hace por lo menos 3310 ± 50 AP (LP-992), de acuerdo con el fechado del sitio Cabo Blanco 2. Este contacto fue posibilitado por un cordón de

10 m snm actualmente vegetado y que en su momento separó las dos costas, generando pequeñas ensenadas o bahías y permitió la formación de planicies de marea en cada una.

En un segundo estadio comenzaron a formarse una sucesión de cordones que dejaron las planicies mareales inactivas. Sobre estas se encuentra el sitio Laguna del Telégrafo datado en 2380 ± 60 AP (LP-1677) (Castro *et al.*, 2005) indicando que para esa fecha la planicie estaba inactiva, al menos en el sector mas alejado del tómbolo.

Sobre el ultimo cordón desarrollado dentro de la Bahía Tranquila, esta el sitio Cabo Blanco 1, a pocos metros del mar y apenas por encima del nivel de mareas de tormentas. Este sitio fue datado entre el 1700 ± 30 AP (Beta 134598) y el 1420 ± 50 AP (Beta 134597). El sitio apoya directamente sobre una capa de rodados casi sin matriz de claro origen marino. La ausencia de una capa de sedimentos continentales entre ambos sugiere que el cordón fue ocupado casi inmediatamente al momento en que emergió.

**Tabla 1.** Cronología de la ocupación en el Cabo Blanco

11,000 a 3310 BP	Los primeros habitantes no podían acceder al Cabo Blanco con facilidad
3310 a 2380 BP	Hay acceso al cabo a través del cordón + 10 m
2380 a 1700/1420 BP	Otros cordones se han formado. Los primeros habitantes acceden a las lagunas entre ellos.
1700/1420 a 500 BP	Acceso casi inmediato a los últimos cordones formados
500 BP a la actualidad	Morfología y dinámica similar a la actual. Influencia europea

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

La incidencia de los trenes de olas, unida a las corrientes litorales, han favorecido la acumulación de cordones de grava, en el sector costero.

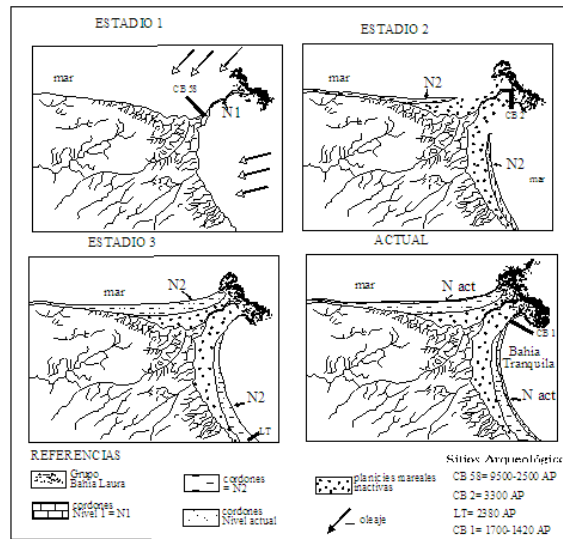
Este mismo tipo de playas, en posiciones topográficas elevadas con respecto al mar actual, ya ha sido estudiado y descrito en distintos lugares de la costa patagónica (Feruglio, 1950; Konzewitsch, 1959; Codignotto *et al*, 1988; Schellmann, 1998; Constante, 2001; Iantanos, 2004). En algunos casos también han sido correlacionadas (Feruglio, 1950) y datadas (Codignotto *et al*, 1988), atribuyéndoles una edad no mayor de 6000 años A.P.

Asimismo, en Cabo Tres Puntas a 18 km en línea recta, se obtuvieron tres dataciones radiocarbónica en sitios

arqueológicos ubicados por debajo de los sedimentos de la ingresión marina. Las dataciones dan antigüedades de  $6060 \pm 70$  AP (AA-13663),  $5480 \pm 80$  AP (LP-1647) y  $5420 \pm 80$  AP (LP-1692), realizadas las dos primeras sobre carbón vegetal y la última sobre valvas (Castro y Moreno, 1996).

Para nuestra área de estudio y en base a las dataciones obtenidas a partir de la ocupación humana, podemos inferir que el tómbolo ya estaba formado cuando ocurrió la primera ocupación (3300 años). Esta unión fue desarrollándose a medida que el mar seguía descendiendo, acompañada por ajustes isostáticos y una moderada tectónica, hasta alcanzar la posición actual.

Figura 5: Modelo evolutivo del área de Cabo Blanco.



Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

## CONCLUSIONES

Para el área de estudio, se registró un descenso del nivel de mar desde el Holoceno tardío y las ocupaciones humanas están estrechamente vinculadas con dicho descenso. Es decir, en la medida en que el mar se fue retirando, dejó superficies expuestas que permitieron luego la ocupación humana.

Asimismo la combinación de información arqueológica con la geomorfológica permitió realizar una aproximación a la cronología de la evolución del Cabo Blanco, del siguiente modo:

Hace por lo menos 3300 años A.P. existía el tómbolo.

Hace 3310 ± 50 AP se registró el primer indicio de ocupación.

La ocupación del área se mantuvo hasta 1700 ± 30 AP.

No han finalizado las excavaciones en el área.

## BIBLIOGRAFÍA

Archangelsky, S., 1967. Estudio de la formación Baqueró, Cretácico inferior de Santa Cruz, Argentina. Revista Museo La Plata (n.s.) Paleontología 5:63-171.

Aschero, C. A. 1987. Tradiciones culturales en la Patagonia Central -una perspectiva ergológica. Comunicaciones 1º Jornadas de Arqueología de la Patagonia. Gobierno de la Provincia del Chubut. Serie Humanidades Nº2. Rawson.

Belardi J.B., Espinosa S. y Cassiodoro G. 2005. Un paisaje de puntas: las cuencas de los lagos Cardiel y

Strobel (Provincia de Santa Cruz. Patagonia Argentina). Revista Werken, Ediciones de la Universidad Internacional SEK. Santiago de Chile.

Borrero, L. A. 1994-95. Arqueología de la Patagonia. Palimpsesto Nº 4: 9:55. Buenos Aires.

Cardich A.; Cardich, R. y Hayduck, A. 1973. Secuencia arqueológica y cronología radiocarbónica de la cueva 3 de Los Toldos (Santa Cruz, Argentina). Revista relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. T. VII. Pp 145-157. Buenos Aires.

Cardich A. 1987. Arqueología de Los Toldos y El Ceibo (Provincia de Santa Cruz, Argentina). Investigaciones paleoindias al Sur de la línea ecuatorial. Estudios Atacameños 8: 97-117.

Carreto, J.I., Carignan, M.O., Montoya, N.G., Cucchi Colleoni, A.D., 2007. Ecología del fitoplancton en los sistemas frontales del Mar Argentino. In: Carreto, J.I., Bremec, C. (Eds.). El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 5. El ecosistema marino. Publicaciones especiales del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata 11-31.

Castro, A. y Moreno, E. 1996-1998. Cabo Tres Puntas, un sitio del Holoceno medio en la costa de Patagonia. Palimpsesto Nº 5, Revista de Arqueología, Buenos Aires. Argentina.

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

- Castro A.S. y Moreno J.E. 2000. Noticia sobre enterratorios humanos en la costa Norte de Santa Cruz, Patagonia Argentina. Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Humanas. Vol. 28. Punta Arenas. Páginas 225-232. Chile.
- Castro A., Moreno J., Zubimendi M., Andolfo M., Videla B., Ambrústolo P., Mazzitelli L.; Bogan S. 2005. Cronología de la ocupación humana en la Costa Norte de Santa Cruz: actualización de datos radiocarbónicos. Presentado a las Actas de las VI Jornadas de Arqueología de Patagonia. Punta Arenas.
- Codignotto, J., Marcomini, S. y Santillana, S., 1988a. Terrazas marinas entre Puerto Deseado y Bahía Bustamante, Santa Cruz y Chubut. Revista Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 43 (1): 43-50.
- Codignotto, J. O., 1990. Evolución en el Cuaternario alto del sector de costa y plataforma submarina entre Río Coig, Santa Cruz y Punta María, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 45 (1-2): 9-16.
- Constante, M., 2001. Geomorfología y Geología de Ensenada Ferrer, provincia de Santa Cruz. Dpto. Ciencias Geológicas. Trabajo de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Buenos Aires. (inédito).
- Feruglio, E., 1949 – 1950. Descripción geológica de la Patagonia, Tomo III. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires. 431 pp.
- Fidalgo, F. y Riggi, J., 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. Revista Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, XXV, 4: 430-443.
- Gómez Otero J. 2007. Dieta, uso del espacio y evolución en poblaciones cazadoras-recolectoras de la costa centro – septentrional de Patagonia durante el Holoceno medio y Tardío. Tesis doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Iantanos, N. 2004. Dinámica sedimentaria de la ría del Deseado, provincial de Santa Cruz. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Comodoro Rivadavia. Chubut. (inédito).
- Köppen, W., 1918. Pettermanns Mitteilungen. Geogr. Rev., 38 pp.
- Lesta, P. y Ferello, R., 1972. Región extrandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En: Leanza, A.F. (Ed.): Geología Regional Argentina. Academia Nacional Ciencias, 601-653. Córdoba.
- Miotti, L. 1996. Piedra Museo, Nuevos datos para la ocupación pleistocénica en Patagonia. Arqueología Solo Patagonia. II

Iantanos, N.: Cabo Blanco su evolución.

- Jornadas de Arqueología de la Patagonia. Pp 93-101. J. Gómez Otero ed.
- Miotti L, Vázquez M y Hermo D. 1999. Piedra Museo, Un Yamnagoo pleistocénico de los cazadores de la Meseta de Santa Cruz. El estudio de la Arqueofauna. Soplando en el viento. Actas de las Terceras jornadas de arqueología de la Patagonia, Bariloche 1996.
- Moreno, J. E. 2003. El uso indígena de la costa patagónica central en el período tardío. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata (Ms.).
- Piana, E., Vázquez, M. y Rua, N. 2004. Primeros resultados de una excavación de rescate en la costa norte del Canal Beagle. En: Contra Viento y marea. Arqueología de Patagonia, compilado por M. T. Civalero, P. M. Fernández y G. Guráieb, pp. 815-832. Sociedad Argentina de Antropología e Instituto Nacional de Antropología Pensamiento Latinoamericano, Buenos Aires.
- Paunero R., Frank A., Skarbun F., Rosales G., Zapata G., Cueto C., Paunero M., Martínez D., López R., Lunazzi N., Del Giorgio M. 2005. Revista relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. T II :147-168. Buenos Aires.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1985. Estadísticas climatológicas 1961-1970. Serie B Nº 35 Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires. 2ª edición. 160 pp.
- Stipanovic, P. y Reig, A.O., 1956. El "Complejo porfirico de la Patagonia extraandina" y su fauna de anuros. Acta Geológica Lilloana, 1:185-297.
- Wells, L. 1996. The Santa Beach Ridge Complex. Journal Coastal Research 12(1), 1-17. Florida.
- Wells, L. and Noller, S. 1999. Holocene coevolution of the physical landscape and human settlement in northern coastal Peru. Geoarcheology: An International Journal. Vol 14(8): 755-789.

**Naturalia patagónica**, 5(1): 46-57 (2009)

**DEGRADACIÓN ANTRÓPICA DE LOS ECOSISTEMAS EN ZONA CENTRO NORTE  
DE LA PROVINCIA SANTA CRUZ (ARGENTINA)**

**Anthropic degradation of ecosystems in the north center area of Santa Cruz  
Province (Argentina) .**

**Mendos, M.G. & Bertolami, M.A.**

Cátedra de Introducción a la Ecología. Departamento de Biología General. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Ciudad Universitaria- Km 4. 9000. Comodoro Rivadavia. Argentina.

**RESUMEN**

Este trabajo describe el estado de degradación del área mediante la cuantificación de las clases espectrales obtenidas de imágenes satelitales y el relevamiento en campo de indicadores de degradación. El área de estudio se encuentra ubicada en la región centro norte de la provincia de Santa Cruz. Fitogeográficamente el área pertenece al Distrito Central, Subdistrito Santacruzense. Para el análisis y descripción del estado de degradación se utilizaron imágenes provenientes del satélite LandSat V y observaciones de campo. Mediante el procesamiento digital se realizó una imagen en falso color compuesto para observar diferentes estados de degradación y posteriormente una clasificación automática a partir de las imágenes obtenidas del análisis de los componentes principales para establecer categorías de degradación. Se realizó un análisis de correlación múltiple, para observar la relación entre las variables ambientales y biológicas. Se encontró una correlación altamente significativa entre el desnivel de nebkas y el pavimento de erosión, como así también entre la cobertura vegetal de especies perennes y la cobertura de mantillo y se obtuvo una correlación significativa entre las variables erosión eólica, pavimento de erosión y desnivel de nebkas

Debido en gran parte a la actividad petrolera, donde se concentran pozos y caminos, el estado de degradación es grave. A partir de los impactos por pérdida de la cobertura vegetal, comienzan a desarrollarse procesos erosivos que contribuyen a la desertificación de las zonas áridas. En las observaciones in situ se evidenciaron procesos de erosión hídrica y eólica muy importantes, que se evidencian a través de diferentes indicadores como surcos y cárcavas y grandes superficies expuestas a los agentes erosivos, los cuales se manifiestan en pavimento del desierto y acumulación de materiales eólicos

**Palabras clave:** Degradación, Distrito Central, Zonas áridas, Indicadores de degradación, Patagonia, Actividad antrópica.

## ABSTRACT

The present work describes the degradation state of the area by means of the quantification of the spectral samples obtained from satellite images and degradation indicators collected in the field. The study area is located in the north center area of Santa Cruz Province. The phytogeography of the area belongs to the Central District, Subdistrict Santacruceño. For the analysis and description of the degradation state, images coming from the satellite LandSat V and field observations were used. An image in false compound color to observe different degradation states was generated by means of digital processing as well as an automatic classification from the images supplied by the analysis of the main components to establish degradation categories. Multiple Correlation Analysis are developed to detect the relationship between biotics and abiotics variables. Significant correlations are detected between height of mounds vs erosion pavement, perennial species coverage vs litter, eolian erosion vs erosion pavement and height of mounds. In the areas where wells and roads converge, the degradation state is serious, partly due to the oil activity. Developing erosive processes which contribute to the desertification of arid areas arise from the impact of said degradation. In situ observations show highly significant processes of hydric and eolic erosion which are evidenced in furrows, ditches and large surfaces exposed to erosive agents, such as desert paving and accumulation of sedimentary materials.

**Keywords:** Degradation, Central District, Arid Zones, degradation indicators, Patagonia, Anthropic activities.

## INTRODUCCION

La Patagonia es una región altamente vulnerable a las modificaciones que pudiera realizar el hombre, ya que presenta un clima árido con escasa materia orgánica y bajo contenido de nutrientes necesarios para el mantenimiento de las especies vegetales. Al ser una región de condiciones climáticas extremas cualquier interferencia humana acelera los procesos de degradación conduciendo a la desertificación (AASEP; Inédito).

La acción antrópica, características físicas del área y el clima agresivo se conjugan como factores desestabilizadores del ecosistema y degradan más allá

de las posibilidades naturales de recuperación (Oliva, 2002).

La intervención antrópica impacta sobre el medio natural modificándolo total o parcialmente, causando una disminución de la densidad de las poblaciones, pérdida de especies, cambios en la composición florística y estructura de las comunidades vegetales, degradación de los suelos por aumento de la salinidad e incremento en los procesos erosivos y cambios en la topografía local.

En la zona de estudio se realiza la explotación petrolera, combinada con la ganadería extensiva, esta se desarrolla con baja carga animal, debido a las limitaciones ecológicas de la región.



La actividad petrolera se basa en modelos que buscan la máxima rentabilidad económica, pero introduce modificaciones sobre el ambiente por la construcción de pozos, caminos, picadas y locaciones, donde se elimina la vegetación y compacta el suelo. Con el transcurso del tiempo, comienzan a desarrollarse importantes procesos de erosión que impactan sobre las áreas circundantes y modifican el equilibrio de los ecosistemas.

Estos impactos pueden ser evaluados mediante diferentes herramientas, como son los sistemas de información geográfica, que permiten evaluar y manejar sustentablemente los recursos naturales en base a las características espectrales y el ajuste mediante observaciones in situ. Las imágenes satelitales proporcionan información de la degradación del área. En función de las respuestas espectrales se pueden determinar las áreas afectadas a los diferentes procesos antrópicos degradativos.

#### **Ubicación del área de estudio**

El área de estudio se encuentra ubicada en la región centro-norte de la provincia de Santa Cruz en el Departamento Deseado, entre los paralelos 46° y 46° 20' latitud sur y los meridianos de 69° y 69° 20' de longitud oeste.

A partir de las imágenes satelitales fue determinada la superficie del área de estudio en 41907,61 ha y se encuentra comprendida entre las siguientes coordenadas planas UTM (Zona 19 sur):

X mínimo = 459267 m  
X máximo = 493210 m  
Y mínimo = 4869834 m  
Y máximo = 4903643 m

El clima de la región correspondiente al área de estudio, es templado frío, del tipo árido. Las características de aridez de la zona quedan evidenciadas por los valores de precipitación, donde las medias anuales oscilan alrededor de los 200 mm, concentradas en el trimestre marzo- mayo (Beeskow, 1987).

#### **MATERIALES**

Han sido empleados diversos materiales en la elaboración del presente trabajo, los cuales se detallan a continuación:

- Carta Topográfica de la República Argentina. Hoja 4769-3 La Itala. Santa Cruz. Escala 1: 100 000 (IGM, 1948).

- Carta Imagen Satelitaria de la Republica Argentina. Hoja 4769- I. El Pluma. Provincia de Santa Cruz. Escala 1: 250 000 (IGM, 1997).

- Cartografía de Suelos. Atlas de suelos de la República Argentina. Provincia de Santa Cruz. Escala 1: 1 000 000 (PNUD-INTA, 1990).

- Cartografía de Regiones Fitogeográficas. Escala 1: 250 000 (Soriano, 1956).

- Sistemas de Información Geográficos. Idrisi 2.0 (Eastman, 1997).

- Imágenes satelitales LandSat 5 TM (2/01/2004).

La integración de todos estos elementos en el ambiente SIG ha permitido la interpretación y mejor utilización de los mismos como se indicará a continuación.

#### **METODOLOGÍA**

En este trabajo el procesamiento de las imágenes fue realizado a través del sistema de información geográfica

(S.I.G.), IDRISI para Windows versión 2.0 (Eastman, 1997), que permite trabajar con archivos en formatos raster y/o vectorial.

Las imágenes utilizadas en este trabajo, fueron registradas por el sensor TM V del satélite Landsat V, en el año 2004, presentan una resolución espacial de 30 x 30 m para cada píxel. Se seleccionaron tres bandas en base al rango de longitudes de onda que el sensor registra. Estas se presentan en la Tabla I.

#### **Pretratamiento de las imágenes satelitales**

Las imágenes adquiridas desde el espacio presentan distorsiones espaciales, de manera que para analizarlas con precisión cartográfica, requieren de una serie de correcciones, tanto atmosféricas como geométricas.

La corrección geométrica modifica la posición del píxel (coordenadas) mediante funciones numéricas, asumiendo de esta forma la imagen la escala de un mapa.

Para realizar este procedimiento se utilizaron 40 puntos de control, identificables en la imagen y en el terreno. Luego mediante una función polinómica de ajuste de segundo grado, se relacionaron las coordenadas de la imagen con las del terreno y

posteriormente se calculó el error cuadrático medio, que es el error asociado al conjunto de los puntos, siendo este inferior a 0.5 píxel. Finalmente se realizó la Transferencia de los niveles digitales originales a la nueva posición, para lo que se utilizó la función la interpolación "el vecino mas próximo", que sitúa en cada píxel de la imagen corregida el nivel digital del píxel mas cercano de la imagen original, de esta forma se mantienen mas próximos a los valores originales (Chuvienco, 1990).

También es necesaria una corrección atmosférica de las imágenes, debido a que los componentes de la atmósfera dispersan la energía transmitida desde la tierra al satélite, por lo que la radiancia detectada por el satélite no corresponde exactamente con la emitida o reflejada por el terreno.

Debido a esto, fue realizada la Corrección del Histograma. Este método asume que las áreas con materiales de fuerte absorción deberían presentar una radiancia próxima a cero, pero el histograma siempre presenta valores mínimos superiores a cero, debido a la dispersión atmosférica, por lo que se les resta a todos los valores digitales de cada banda el nivel digital mínimo de esa banda, situando así el origen del histograma en cero (Chuvienco, op. cit).

**Tabla I.:** Longitudes de ondas y colores asignados a cada banda..

Banda utilizada	Rango de longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Color asignado	Región del espectro eletromagnético
Banda 2	0,52 - 0,60	Azul	Verde
Banda 3	0,63 - 0,69	Verde	Rojo
Banda 4	0,76 - 0,90	Rojo	Infrarrojo cercano

A cada banda se le realizó la corrección atmosférica utilizando como nivel de referencia el nivel mas bajo observado de radiación. De esta manera se resta píxel a píxel el valor numérico y la banda obtenida presenta minimizado el efecto dispersor de la atmósfera.

#### **Composición en falso color compuesto**

A partir de la información aportada en cada banda que registra el sensor, pueden obtenerse distintas composiciones de colores. Para obtener una imagen en Falso color compuesto fue aplicado cada uno de los tres colores primarios rojo, verde y azul sobre las bandas de las imágenes correspondientes a infrarrojo cercano, rojo y verde respectivamente, como se presenta en la Tabla I.

De esta manera se facilita la delimitación visual de algunas cubiertas mediante el color y tono, que ayudan a establecer categorías, asociando estas variables a cada proceso.

#### **Análisis de los componentes principales**

Este análisis permite resumir un amplio grupo de variables en un nuevo conjunto, más pequeño, sin perder la información original significativa, realizando una combinación lineal de las bandas, debido a que las bandas generalmente se presentan correlacionadas brindando la misma información, debido a que los diferentes tipos de cubierta tienden a presentar un comportamiento similar en regiones próximas del espectro.

Mediante el S.I.G. fueron creadas tres nuevas bandas, a partir de las bandas 2, 3 y 4 extrayendo tres componentes principales, conteniendo la mayor parte de la información original.

#### **Clasificación no supervisada**

El primer componente principal fue sometido a una clasificación automática denominada isocluster (Eastman op. cit.), para obtener diferentes categorías de degradación ambiental, comprendidas entre valores de 1 a 10, en orden creciente y se calculó el área asociada a categoría de degradación. Esto fue realizado en base al conocimiento del área y un análisis visual combinando el Primer componente principal y la imagen en Falso color compuesto, de donde fue inferido el estado de degradación.

Las categorías de degradación grave se presentan en áreas con más del 80 % de suelo desnudo y severas pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica, sin capacidad de sustento forrajero. La categoría de degradación media se corresponde con un porcentaje de cobertura vegetal comprendido entre 20-50 %, las especies forrajeras representan el 10 % y se manifiestan avanzados procesos erosivos y muestran afectada la capacidad productiva, siendo necesario introducir medidas de manejo adecuadas. La categoría de degradación leve, presenta un porcentaje de cobertura vegetal mayor al 50 % y buena cobertura forrajera, con signos leves de erosión, en esta sería importante implementar medidas para su conservación (Escobar et al, 1997).

#### **Creación de una mascara**

Una mascara es una imagen donde se asigna el valor de "cero" a las áreas que no presentan interés, estas áreas se observan negras en la imagen. La máscara, fue realizada para diferenciar el área afectada por la mayor concentración de pozos petroleros sobre la imagen obtenida en la clasificación no supervisada. Para su análisis fue conside-

rada como área afectada, un entorno de 500 m en cada pozo, obteniéndose una imagen del área impactada alrededor de los mismos.

### Relevamiento de variables ambientales y biológicas

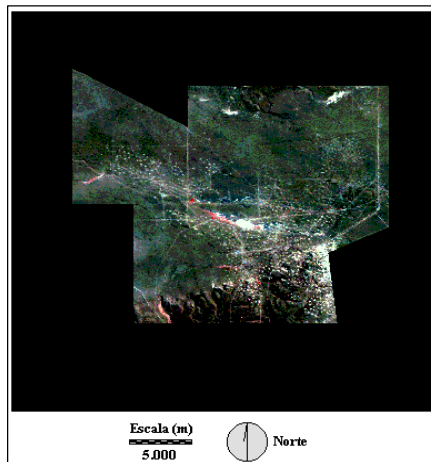
Para la determinación del estado de degradación en campo se utilizó la metodología establecida por FAO (Roig, 1989) que permite evaluar a través de indicadores visuales el estado del ambiente. Las observaciones se realizaron en un área de 100 m<sup>2</sup> (10 \* 10) en las inmediaciones de cada locación, utilizando una escala semicuantitativa. Se relevaron variables ambientales como superficie afectada por acumulación de materiales eólicos, deflación eólica, desnivel de nebkas (altura de montículos), tipos dominante de erosión hídrica (mantiforme o lineal) y superficie ocupada por surcos y cárcavas, como así también

variables biológicas como, cobertura vegetal de especies perennes y forrajeras, cobertura de mantillo y evidencias de pastoreo.

### RESULTADOS

En las imágenes en Falso color compuesto, se pueden distinguir áreas con diferentes colores según el estado de la vegetación y suelo principalmente. Las áreas blancas presentan una máxima reflectividad y se corresponden con suelos desnudos y baja cobertura vegetal, las áreas marrones indican suelos con muy baja biomasa vegetal, por lo que estos dos colores estarían asociados a los ambientes más degradados. Así mismo las tonalidades rojas se presentan en las áreas de vegetación vigorosas o alta cobertura vegetal como los mallines. Estas categorías pueden observarse en la Figura 1.

**Figura 1.** Imagen Falso Color Compuesto (2004)



La imagen del Primer Componente Principal fue clasificado en diez categorías basadas en la degradación del área.

Del análisis visual realizado sobre los tres primeros componentes, surge que el Primer Componente Principal es el que mejor expresa las variables asociadas a la degradación ambiental producida por la

actividad antrópica, que presentan un aspecto similar a las imágenes pancromáticas.

Las clases obtenidas de la imagen satelital clasificada a partir del primer componente principal y sus elementos asociados se observan en la Tabla II. La superficie afectada a cada categoría y el color se presentan en la Tabla III.

**Tabla II.** Clases de degradación y elementos ambientales asociados.

<b>Clases de degradación</b>	<b>Elementos asociados</b>
1. Muy Leve	Ecosistemas con alta cobertura vegetal.
2. Leve	Ecosistemas con alta cobertura vegetal.
3-4. Media	Entorno de pozos y caminos. Espacio entre pozos.
5-6. Grave	Caminos y pozos con baja cobertura vegetal.
7-8-9-10. Muy grave	Caminos, picadas, pozos y suelos salinos.

**Tabla III.** Clases obtenidas del Primer componente principal y superficies correspondientes.

<b>Clase</b>	<b>Color</b>	<b>Superficie (ha)</b>
1. Muy Leve	Celeste	1639
2. Leve	Azul	4437
3. Medio	Verde oscuro	15853
4. Medio	Verde claro	11790
5. Grave	Amarillo claro	4108
6. Grave	Amarillo oscuro	1900
7. Muy Grave	Marrón	910
8. Muy Grave	Naranja	474
9. Muy Grave	Rojo	244
10. Muy Grave	Blanco	519
Total		41874

La máscara, permitió diferenciar el área afectada por la mayor concentración de pozos petroleros en un entorno de 500 m, obteniéndose una imagen de área impactada alrededor de las locaciones, que se puede analizar visualmente. En esta el mayor impacto ambiental se verifica alrededor de los pozos petroleros presentes y corresponden a las categorías de degradación fuerte y muy fuerte como se puede observar en la Figura 2.

Para cada clase fueron calculadas las superficies correspondientes en el

interior de la “mascara”, como se observa en la Tabla IV. Esta información permite comprobar que la superficie que rodea a los pozos es de 19317 hectáreas (46% del total del establecimiento) y 16926 hectáreas, corresponden al 40,4% del área total del establecimiento. Estas últimas están comprendidas en categorías que poseen una degradación entre media a muy grave y las restantes categorías (muy leve a leve) se encuentran comprendidas en parches que forman un mosaico heterogéneo de utilidad reducida para el ganado.

**Tabla IV.** Clases obtenidas del Primer componente principal en el área de mayor impacto (Mascara) y superficies correspondientes.

<b>Clase</b>	<b>Color</b>	<b>Superficie (ha)</b>
1. Muy Leve	Celeste	579
2. Leve	Azul	1812
3. Medio	Verde oscuro	6069
4. Medio	Verde claro	5329
5. Grave	Amarillo claro	2669
6. Grave	Amarillo oscuro	1446
7. Muy Grave	Marrón	691
8. Muy Grave	Naranja	335
9. Muy Grave	Rojo	155
10. Muy Grave	Blanco	232
Total		19317

Mendos, M.G.: Degradación antrópica de los ecosistemas.

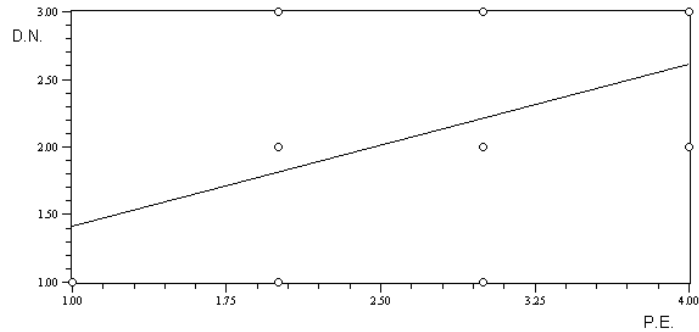
A través de la correlación múltiple, se encontró que los valores del desnivel de nebkas (DN) mostraron una correlación altamente significativa ( $p < 0,01$ ) y positiva con el pavimento de erosión (PE), como se expresa en la siguiente ecuación:

$$DN = 1,017857 + 0,398810 PE.$$

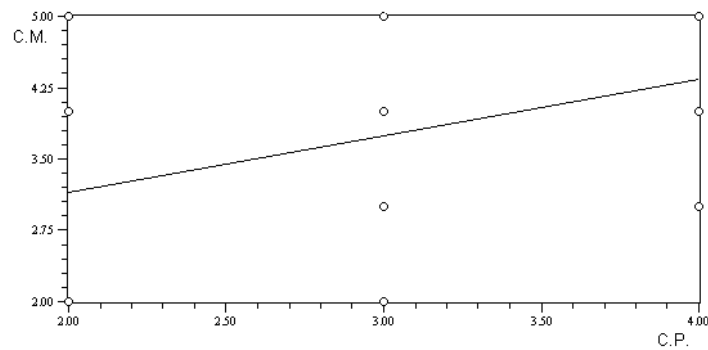
También se observó una correlación positiva y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre el porcentaje de cobertura de especies perennes (CP) y el porcentaje de cobertura de mantillo (M), como se observa en la siguiente ecuación:

$$CP = 1,9448025 + 0,264033 CM$$

**Figura 3.** Relación lineal entre DN y PE.



**Figura 4.** Relación lineal entre CM y CP.



Mendos, M.G.: Degradación antrópica de los ecosistemas.

La erosión eólica (EE) mostró una correlación significativa ( $p < 0,05$ ) y con signo positivo con el pavimento de erosión (PE), como se detalla a continuación:

$$PE = 0,5900 + 0,91500 EE$$

Se estableció una correlación significativa ( $p < 0,05$ ) entre la erosión eólica (EE) y desnivel de nebkas (DN), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$DN = 0,9200 + 0,5200 EE$$

Figura 5: Relación lineal entre PE y EE.

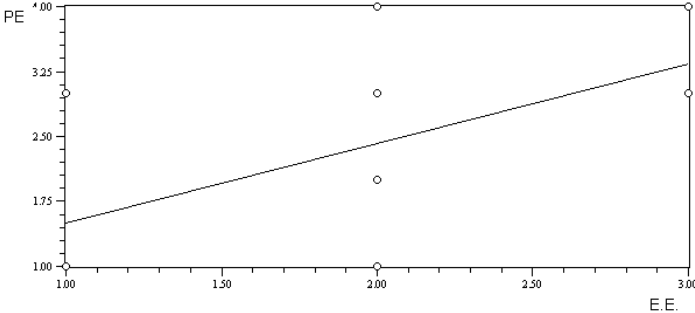
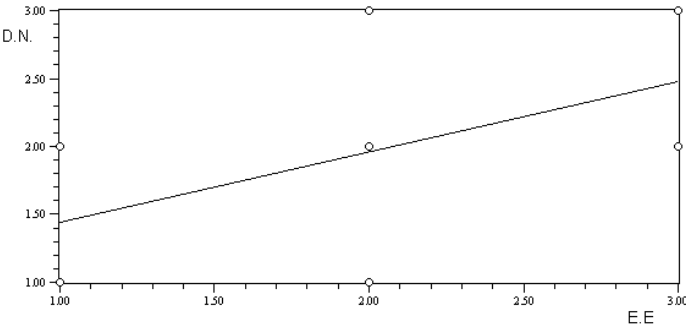


Figura 6: Relación lineal entre EE y DN.





## CONCLUSIONES

El manejo de los campos en la región patagónica se ha basado en distintos modelos, los primeros fueron de carácter empírico implementados por los colonos. Estas prácticas dieron origen a serios problemas de deterioro de la vegetación, promoviendo en la Patagonia severos problemas de erosión debido al mal manejo del pastoreo (Paruelo, 1993). Posteriormente ingresó la actividad petrolera sobre el establecimiento agropecuario, la cual acarreó una serie de inconvenientes en relación directa con la intensidad de la misma, acelerando los procesos de desertificación, que se verán agravados en las próximas décadas por los efectos del cambio climático global.

Cuando la actividad petrolera irrumpe en un establecimiento se desequilibra el ecosistema y produce una alteración del paisaje, donde los valores ecológicos y escénicos son fuertemente degradados. Estos impactos pueden ser irreversibles, según la intensidad y magnitud de los mismos (Dalmaso et al. 2002).

Para establecer la infraestructura necesaria para el desarrollo de la actividad petrolera, se retira la vegetación que tiene importantes funciones, entre ellas, retiene el agua, evita la evaporación y detiene la pérdida de material del suelo, por lo que juega un papel importante en el desarrollo y mantenimiento de los ecosistemas de las zonas áridas.

El área de estudio presenta un estado de degradación grave, que se evidencia in situ por medio de varios indicadores como, pavimento de erosión y depósito de materiales finos en formas de dunas.

Las áreas de degradación media y fuerte se concentran en las inmediaciones de las locaciones y se manifiestan por la

presencia de vegetales indicadores de procesos allí ocurridos establecidos por Roig & Méndez (2003), siendo estos de bajo valor forrajero.

Los valores asociados a la degradación ofrecieron una descripción de las situaciones derivadas del desmonte de la vegetación en las cercanías de las locaciones y pozos.

La degradación del área puede estimarse a partir de la pérdida o disminución de la cubierta vegetal y la presencia de indicadores de erosión. Estos indicadores se visualizan en las imágenes satelitales a partir de la reflectividad que presentan los diferentes materiales.

Las asociaciones entre las variables de degradación obtenidas son las esperadas, al aumentar el pavimento de erosión en algunos sectores, se produce la depositación de material en otros, produciendo el desnivel de las nebkas o montículos. También se registró un aumento de la cobertura de mantillo en superficie, cuando aumentaron los valores de cobertura de especies perennes y forrajeras, debido a que el material vegetal no es consumido por los herbívoros, debido a la baja carga animal.

La pérdida de cobertura vegetal y la erosión eólica dejan expuestas capas arcillosas, menos permeables que favorecen la escorrentía y por lo tanto estimulan la erosión hídrica, es por esta razón que se el proceso de desertificación se agrava cuando disminuye la cobertura vegetal.

Antes de utilizar las imágenes satelitales, estas deben recibir diferentes tratamientos, como correcciones geométricas y atmosféricas que mejoran las características de las mismas.

Las imágenes en Falso color compuesto permiten estimar el estado de

degradación del área y calcular rápidamente el área asociada a cada proceso, para establecer medidas de mitigación en base a los impactos detectados. Estos, también contribuyen al establecimiento de categorías de degradación a partir de imágenes derivadas del Primer componente principal, ya que este es el que mejor expresa las variables ambientales.

Por lo que la teledetección es una herramienta de gestión, que permite obtener un conocimiento del estado del área de estudio, fácil y rápidamente, pero necesita del apoyo de indicadores de campo.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- AASEP. Inédito. Manual del Propietario. Prevención y control en los establecimientos rurales. Buenos Aires, 85 pp.
- Beeskow, A. M, Del Valle, H. & C. Rostagno. 1987. Sistemas fisiográficos de la Región Árida y Semiárida de la Provincia del Chubut. Puerto Madryn. CENPAT. 173 pp.
- Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de la teledetección espacial. Ediciones Rialp S.A. España. 568 pp.
- Dalmaso, D., Martínez Carretero, E. & O. Console. 2002. Revegetación de áreas degradadas. Boletín de Extensión científica. IADIZA. Mendoza. 46 pp.
- Eastman, R. 1997. Idrisi for Windows. Tutorial Exercise. Estados Unidos.
- Escobar, J. M. 1997. Desertificación en Chubut. INTA- PODESAR. Trelew. 28 pp.
- Oliva, G. & P. Borrelli. 2002. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. Tecnología de Manejo Extensivo. INTA. PRODESAR.
- Paruelo, J. M., Bertiller M. B., Schilchter T.R. & F.R. Coronato. 1993. Secuencia de deterioro en los distintos ambientes patagónicos caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. LUDEPA-INTA-GTZ.
- Roig, F. 1989. Detección y control de la Desertificación. Conferencias, trabajos y resultados del Curso Latinoamericano. Mendoza. CRICYT- ME. 364 pp.
- Roig, F. & E. Méndez. 2003. Especies indicadoras de Estados y Procesos en la vegetación patagónica. Mendoza.
- Soriano, A. 1956. Los Distritos Florísticos de la Provincia Patagónica. Revista de investigaciones agrícolas. Buenos Aires.

**Naturalia patagónica**, 5(1): 58-67 (2009)

**EVALUACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES Y DETERMINACIÓN  
DE MODELOS SUCESIONALES EN EL CENTRO NORTE DE LA PROVINCIA  
DE SANTA CRUZ**

**Assessing vegetation communities and determining successional models  
in north center Santa Cruz.**

**Mendos, M.G. & Bertolami, M.A.**

Cátedra de Introducción a la Ecología. Departamento de Biología General. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Ciudad Universitaria- Km 4. 9000. Comodoro Rivadavia. Argentina.

**RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es describir el estado del área de estudio por medio de variables biológicas e índices obtenidos a partir de imágenes satelitales, e identificar los modelos sucesionales, que se producen por la actividad antrópica en la región centro norte de la provincia de Santa Cruz. Fitogeográficamente el área pertenece al Distrito Central, Subdistrito Santacruzense donde el papel de la vegetación natural es muy importante, ya que los procesos de erosión eólica e hídrica son relevantes. El área presenta sitios con baja cobertura vegetal e importantes signos de degradación. Se emplearon imágenes satelitales Landsat V para la obtención del índice de vegetación (NDVI) y se realizaron muestreos de campo. Posteriormente se desarrolló un análisis multivariado de correlación múltiple para observar la relación entre las variables biológicas e índice de vegetación y se estableció un modelo sucesional que se inicia a partir del suelo desnudo producto de la actividad antrópica, en base a las especies presentes. Se determinó que inicialmente colonizan especies del género *Grindelia* y *Senecio* y en etapas posteriores *Bromus* y *Stipa*. Se encontró una correlación positiva altamente significativa entre el NDVI, cobertura vegetal (CV) y la cobertura forrajera total (CFT) lo que permite determinar el estado de las comunidades vegetales a partir de imágenes satelitales.

**Palabras clave:** Modelos sucesionales- NDVI- Comunidades vegetales- Actividad antrópica- Patagonia.

## ABSTRACT

The present work not only describes the state of the study area by means of biological variables and indexes obtained from satellite images but also identifies successional models developing from the anthropic activity in the north center region of Santa Cruz province. The phytogeography of the area belongs to the Central District, Subdistrict Santa Cruz, where the role natural vegetation plays is very important, since the processes of hydric and eolic erosion are relevant. The area presents sites with low vegetation and significant signs of degradation. Work was carried out with Landsat V satellite images to obtain the vegetation index (NDVI) and also field sample cases were made. A multi-varied analysis of multiple correlations was performed to observe the relationship between the biological variables and the vegetation index. Based on the present species, a successional model was also established, beginning from the bare soil as the product of anthropic activity. Initially, species of the type *Grindelia* and *Senecio* and, later on, *Bromus* and *Stipa* settle. A highly significant positive correlation among the vegetation index (NDVI), the vegetation covers (CV) and the total forage covers (CFT) was found, which allows determining the state of the vegetation communities from satellite images.

**Keywords:** Successional models- NDVI, Vegetation Communities- Anthropic activities- Patagonia.

## INTRODUCCION

El hombre modifica el ambiente para apropiarse de los recursos naturales con valor económico. En los últimos años se produjo el alza del precio del petróleo a nivel internacional y su consecuente empuje de la actividad económica en la zona (INDEC, 2009), provocó importantes externalidades.

En el área de estudio se desarrollan tareas de explotación de petróleo que producen importantes impactos sobre el medio, debido a la construcción de caminos y pozos que forman la locación.

Cuando la importancia y magnitud de estos impactos es baja y con una mínima alteración de las funciones del ecosistema, éste se recupera naturalmente en un período variable según las posibilidades ambientales

(Dalmaso et al., 2002), pero las actividades no sustentables que se desarrollan en la zona, conducen a una degradación de los suelos y alteración de las comunidades vegetales de forma continúa.

En las zonas áridas los procesos de regeneración natural son lentos, se han observado locaciones abandonadas de más de veinte años cuya vegetación herbácea no se recompuso (AASEP, Inédito). El rol de la vegetación es fundamental por que cuando aumenta la cobertura vegetal disminuye los riesgos erosivos, se retiene el agua de lluvia e incorpora la locación al paisaje natural. Estos procesos se ven agravados debido a las bajas precipitaciones y vientos frecuentes que se desarrollan en el

Distrito Central, Subdistrito Santacruzence (Beeskow et al, 1987; Soriano, 1956).

Los impactos producidos por las actividades antrópicas en las comunidades vegetales y suelo presentan una respuesta espectral característica que es registrada por el satélite. El índice de vegetación normal estandarizado (NDVI) se obtiene por combinación de imágenes que se forman cuando el satélite registra la radiación electromagnética emitida por los elementos de la tierra y permite discriminar zonas con diferentes cobertura vegetal (Chuvieco, 1990).

Bertolami et al (2008) han analizado la relación entre el NDVI y la cobertura vegetal en diferentes comunidades vegetales de la región norte de Santa Cruz y sur de Chubut.

Para la misma región Roig & Méndez (2003) en base a un análisis fitosociológico, determinaron las especies vegetales indicadoras o claves, que son aquellas que por su presencia en una comunidad, señalan alguna característica relacionada con su estado, factores o procesos. Así, se puede analizar el grado de dependencia de las especies con respecto a cada factor (Roig & Méndez op. cit.).

Cuando un hábitat es perturbado, como sucede en el área, producto de la actividad petrolera, la comunidad se reconstruye lentamente. Las especies pioneras adaptadas a los hábitat alterados son reemplazadas sucesivamente por otras hasta que se recupera la estructura y composición (Begon et al, 1999). Esta secuencia de cambios iniciados por una perturbación, se da por medio de procesos naturales hasta que se establece una asociación final de especies llamada clímax, por medio de procesos naturales. Esta, se define como Sucesión y se entiende como un patrón

no estacional, direccional y continuo de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon et al, op. cit). Paruelo et al (1993) han compilado catálogos de estados y transiciones para la Patagonia. Para la provincia de Santa Cruz los mismos fueron descriptos en base a la intensidad de pastoreo. Por lo que el presente trabajo es un precedente único, ya que determina estados y transiciones que se producen debido a la actividad petrolera.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para estudiar el área fueron seleccionadas 27 unidades muestrales, donde se realizaron censos de vegetación y registraron diferentes indicadores ambientales (Oliva et al, 2002), sobre locaciones petroleras construidas entre los años 1996 y 2004. Obteniéndose tres unidades muestrales correspondientes a cada año. Las mismas se seleccionaron de forma de incorporar la heterogeneidad dada por las diversas situaciones ambientales en la zona donde se concentran las locaciones petroleras.

En este trabajo el procesamiento de las imágenes fue realizado a través del sistema de información geográfica (S.I.G.), IDRISI para Windows versión 2.0 (Eastman, 1997). Las imágenes utilizadas corresponden a las bandas 2, 3 y 4, y fueron registradas por el sensor TM V del satélite Landsat en el año 2004. Las mismas presentan una resolución espacial de 30 x 30 m para cada píxel.

Las imágenes adquiridas desde el espacio presentan distorsiones espaciales, por lo que requieren de una corrección geométrica que realice la posición del píxel o coordenadas mediante funciones numéricas.

Para realizar este procedimiento fueron utilizados 40 puntos de control, identificables en la imagen y en el terreno. Luego mediante una función polinómica de ajuste de segundo grado, se relacionaron las coordenadas de la imagen con las del terreno y posteriormente se calculó el error cuadrático medio, que es el error asociado al conjunto de los puntos, siendo este inferior a 0.5, correspondiendo a 15 m para cada píxel, este procedimiento fue realizado para cada una de las bandas. Finalmente se realizó la Transferencia de los niveles digitales originales a la nueva posición, para lo que se utilizó la función la interpolación denominada vecino más próximo (Chuvieco, op. cit.).

También es necesaria la corrección atmosférica de las imágenes, debido a que los componentes de la atmósfera dispersan la energía transmitida desde la tierra al satélite. Debido a esto, fue realizada la Corrección del Histograma de los niveles digitales por sus valores mínimos. A cada banda se le realizó la corrección atmosférica utilizando como nivel de referencia el nivel más bajo observado de radiación. De esta manera se restó píxel a píxel el valor numérico más bajo y así la banda obtenida presenta minimizado el efecto dispersor de la atmósfera.

En este trabajo fue utilizado el índice denominado NDVI (Normalizad Difference Vegetation Index), que se basa en el comportamiento espectral típico de la vegetación, que muestra una reducida reflectividad en la región electromagnética del espectro visible (especialmente la banda roja, 0,6 y 0,7 $\mu$ m), elevándose al infrarrojo cercano (0,7 a 1,12  $\mu$ m), para reducirse paulatinamente hacia el infrarrojo medio. Estas características espectrales se deben fundamentalmente

a la acción de los pigmentos fotosintéticos, que absorben en el espectro visible, la estructura interna de la hoja y su contenido de humedad (Chuvieco, 1990). Por lo tanto, cuanto mayor es el contraste entre los niveles digitales de las bandas, infrarroja cercano y roja, mayor biomasa vegetal presentará el área observada. El NDVI se define por la siguiente ecuación:

$$NDVI = (IRc - R) / (IRc + R)$$

En donde:

IRc: Reflectividad en el infrarrojo cercano.

R: Reflectividad en el rojo.

A los valores de NDVI, para relacionarlos con otras variables, se les sumó el valor de "1" y multiplicó por "125", de esta forma quedó comprendido entre valores de 0 a 255 (Chuvieco, op. cit.).

Se reconocieron las especies vegetales indicadoras presentes en cada una de las unidades muestrales del área de estudio, para identificar los procesos y factores asociados, determinados por Roig & Méndez (2003).

Para evaluar las comunidades vegetales se utilizó el método no destructivo Point Cuadrat Modificado (Passera et al., 1986). Mediante el mismo, se obtiene la cobertura total (CT), la cobertura forrajera total (CFT) y el valor pastoral (VP) que es una expresión sintética que cuantifica la calidad de la comunidad, teniendo en cuenta su composición florística y el valor forrajero relativo de las especies, en base al cual se establece una clasificación de las especies vegetales en una escala comprendida entre 1 y 5, según la aceptabilidad del ganado, período de

aprovechamiento y valor nutritivo de las mismas.

Se realizó un modelo sucesional en base a la metodología establecida por Westoby et al. (1989) donde se definen los "estados" del sistema y las "transiciones" entre ellos. Dichas transiciones están mediadas por eventos naturales como por acciones antrópicas. Los esquemas de los estados de transiciones, se representan por cajas conectadas con flechas, las cuales corresponden a transiciones, los diferentes estados se identifican con números romanos y el grosor de la flecha indica la probabilidad de transición.

Se realizó un análisis de correlación múltiple entre las variables biológicas cobertura vegetal (CV), suelo desnudo (SD), cobertura forrajera total (CFT) y valor pastoral (VP) e índice de vegetación (NDVI) y posteriormente fue realizado un análisis de regresión lineal entre las variables correlacionadas.

## RESULTADOS

Las especies vegetales indicadoras de procesos y factores correspondientes a las unidades muestrales se enmarcaron en seis categorías establecidas por Roig & Méndez (2003) para evidenciar el proceso degradativo y estado del ambiente. Estas se indican en la Tabla I junto con los procesos y factores asociados.

Las unidades muestrales se caracterizaron desde el punto de vista transicional, considerando la dinámica de los ecosistemas. En el área de estudio se identificaron diferentes Estados, con una determinada estructura y composición vegetal y estableció un Modelo transicional. Para la caracterización de los diferentes estados fueron utilizados los datos recogidos en campo en los censos de vegetación y análisis de las variables ambientales.

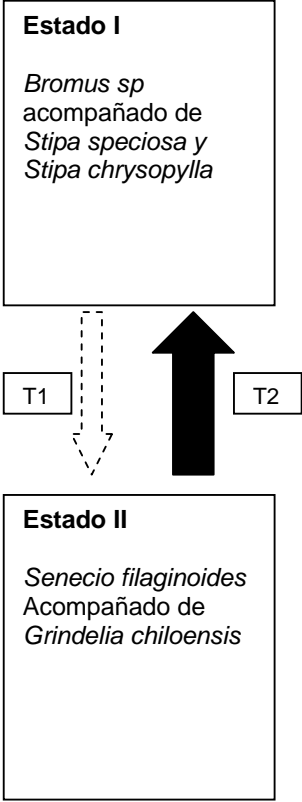
**Tabla I.** Especies asociadas a los procesos, factores o condiciones del área.

Características	Evidencian	Especie
Samófilas	Suelos sometidos a la acción eólica	<i>Stipa chrysophylla</i> <i>Stipa humilis</i>
Halófitas	Salinidad o alcalinidad	<i>Distichlis spicata</i> <i>Franquenian microphylla</i> <i>Bassia hyssopifolia</i>
Psamófilas	Agradación de la erosión eólica	<i>Acantholippia seriphoides</i> <i>Grindelia chilensis</i> <i>Naussavia glomerulosa</i> <i>Stipa humilis</i> <i>Stipa chrysophylla</i>
Criófilas	Congelamiento de suelo por tiempos prolongados	<i>Acaena magellanica</i>
Viarias	Suelos removidos	<i>Grindelia chilensis</i>
Degradación	En estepa de <i>Festuca pallescens</i>	<i>Naussavia glomerulosa</i> <i>Senecio filaginoides</i> <i>Stipa humilis</i> <i>Stipa chrysophylla</i> <i>Hordeum aff cosmosum</i>

**Estado II.** Estepa arbustiva, dominada por *Senecio filaginoides* acompañados de *Grindelia chiloensis*, en algunos casos acompaña la hierba anual *Salsola kali*. Se observaron porcentajes de cobertura vegetal y diversidad bajos. Los porcentajes de coberturas encontrados son menores al 10 % llegando a cero en las unidades muestrales correspondientes a los años 2003 y 2004.

**Estado I:** Estepa gramínea dominada por *Bromus sp*, *Stipa speciosa* y *Stipa chrysophylla*. El porcentaje de cobertura vegetal alcanza valores de 23.3 % en las unidades muestrales correspondientes a los años 1996, 1997 y 1998. La productividad es mayor que el Estado II. Estos estados pueden observarse en la Figura 1.

**Figura 1.** Modelo transicional del área de estudio.





Transición II: Las especies presentes son no palatables. El pavimento de erosión presenta valores altos, mayores a 80 %. La colonización de los intersticios la realizan gramíneas. El proceso es lento por la ausencia de los micrositios adecuados.

Transición I: Con pastoreo continuo moderado. Ya que este produce una alta presión de uso sobre los pastos palatables como *Bromus sp* y *Stipa speciosa*.

Según Roig & Méndez (op. cit.) *Grindelia chilensis* es una especie indicadora de suelos removidos, individuos de esta especie y *Senecio filaginoides* fueron detectados en la

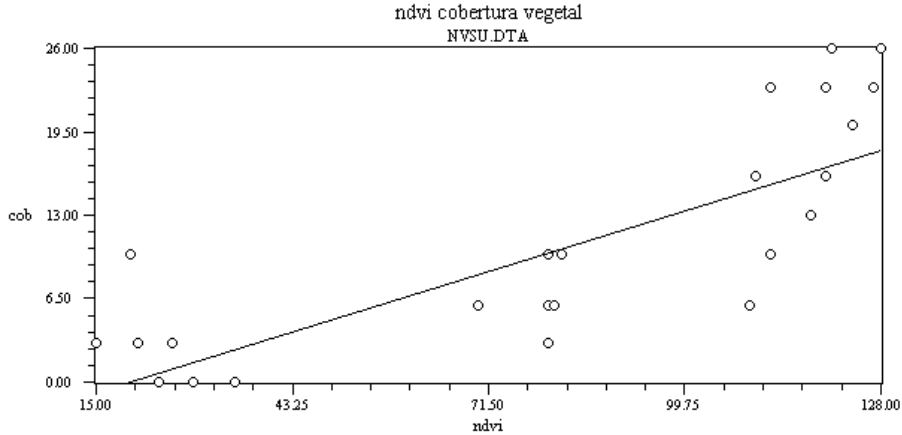
mayoría de las locaciones, si bien son pioneras y a veces las únicas especies en las locaciones correspondientes a los años 2001 y 2002.

A través de la correlación múltiple se encontró que los valores del NDVI correspondiente a cada unidad muestral presentan una relación altamente significativa ( $P < 0.01$ ) con la cobertura vegetal, como lo describe la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = 46,35 + 3,59 \text{ CV}$$

La relación lineal entre estas variables se observa en la Figura 2.

**Figura 2.** Regresión lineal entre NDVI y CV.



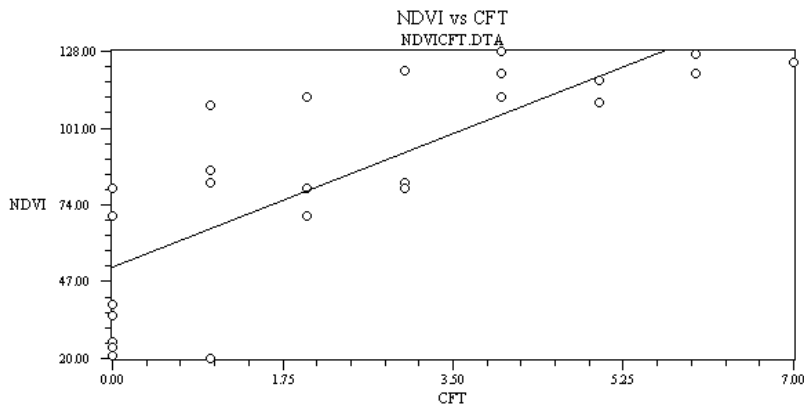
El NDVI mostró una correlación altamente significativa ( $P < 0.01$ ) y positiva con la cobertura forrajera total que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = 52,12 + 13,41 \text{ CFT}$$

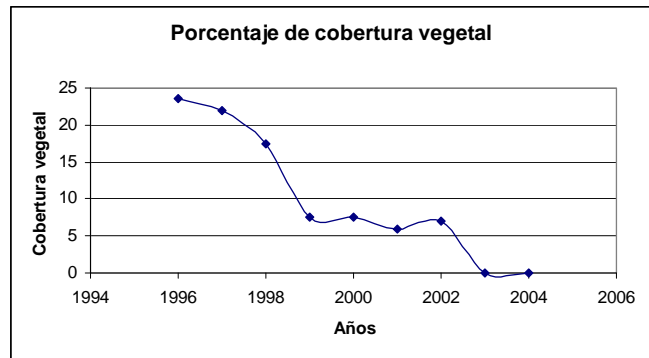
La relación lineal entre NDVI y CFT se observa en la Figura 3.

A partir de los valores de cada una de las unidades muestrales se observó que el porcentaje de cobertura vegetal es menor a medida que disminuye la edad de la locación, obteniéndose valores nulos para los años 2003 y 2004, como se observa en la Figura 4.

**Figura 3.** Regresión lineal NDVI y CFT.



**Figura 4.** Porcentajes de cobertura vegetal en función de la edad de la locación.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido al aumento del precio del petróleo las actividades extractivas de la zona seguirán impactando en el medio biótico. Por lo que hay que considerar que las áreas con suelos desnudos conllevan también la degradación de las áreas circundantes, evidenciándose su estado de degradación, por la presencia de las especies vegetales indicadoras de degradación, agradación, salinización, erosión eólica y viaria, encontradas en el área de estudio. El reconocimiento de las diferentes especies indicadoras de procesos y factores contribuyó a la caracterización del área y determinación de los procesos allí ocurridos.

Los estudios y métodos aplicados permitieron reconocer diferentes estados sucesionales, caracterizados por especies vegetales indicadoras de ciertos factores y procesos y describir los niveles de degradación del área circundante a la locación.

Las actividades antrópicas extraen la vegetación dejando el suelo desnudo, así, las etapas sucesionales comienzan con la colonización de especies pioneras como *Grindelia chilensis* y *Senecio filaginoides* y posteriormente otras gramíneas de mayor valor forrajero como *Bromus sp* y *Stipa sp*. Las especies que colonizan son las presentes en los alrededores del área disturbada. Las unidades muestrales donde se removió el suelo en los años 2003-2004 aún no se han repoblado, lo que indica que se necesita largos periodos para que comiencen a desarrollarse los procesos naturales de colonización en el área.

Los porcentajes de cobertura vegetal asociados a cada unidad muestral reflejaron un aumento de la misma con el

transcurso del tiempo, como así también aumentó la diversidad de especies con la edad de la locación.

El NDVI actuó como estimador de la cobertura vegetal. La correlación observada del NDVI con la CV y CFT permitiría estimar y pronosticar la situación de diferentes establecimientos y en base a estas variables realizar la asignación de carga animal correspondiente, conociendo solamente el NDVI obtenido del procesamiento de las imágenes satelitales. Estos mismos resultados fueron encontrados por Bertolami et al (2008) al analizar la degradación en la zona de estudio en una escala mayor y menor detalle.

La baja carga animal en el área de estudio determina una alta cobertura de especies forrajeras en relación a la cobertura total, por lo que ha establecido una relación significativa entre las variables NDVI y CFT.

Estos modelos permiten estimar la cobertura vegetal por medio del NDVI, pero deberían ajustarse en base a las especies, formas biológicas y los valores radiométricos obtenidos en el terreno y aumentar el área de análisis. Los mismos son útiles para tomar decisiones relacionadas con la gestión de los recursos y elaborar políticas y programas que permitan al productor administrarlos de manera eficaz, basándose en la capacidad de carga real de los ecosistemas y contribuyendo a frenar el proceso de desertificación, apuntando a un desarrollo sustentable. Por lo que el ajuste de las técnicas de procesamiento y el análisis de las imágenes satelitales se presentan como herramientas valiosas al momento de realizar la gestión de los recursos naturales.

Mendos, M.G.: Comunidades vegetales y modelos sucesionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASEP. Inédito. Manual del Propietario. Prevención y control en los establecimientos rurales. Buenos Aires.
- Begon, H, M & J. Townsend, Colin. 1999. Ecología Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega. Barcelona.
- Bertolami, M. A., Mendos, M. G. & González, L. V. 2008. Degradación de unidades de paisaje en el área del Golfo San Jorge (Chubut). *Naturalia patagonia* 4 (1): 74-79.
- Beeskow, A. M, Del Valle, H. & Rostagno, C. 1987. Sistemas fisiográficos de la Región Árida y Semiárida de la Provincia del Chubut. Puerto Madryn. CENPAT.
- Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de la teledetección espacial. Ediciones Rialp S.A. España.
- Dalmaso, D., Martinez Carretero, E. & O. Console. 2002. Revegetación de áreas degradadas. *Boletín de Extensión Científica. IADIZA*. Mendoza.
- Eastman, R. 1997. Idrisi for Windows. Tutorial Exercise. Estados Unidos.
- INDEC. 2009. Instituto Nacional de Estadistas y Censos. <http://www.indec.gov.ar>. html.
- Oliva, G. & P. Borrelli. 2002. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. Tecnología de Manejo Extensivo. INTA. PRODESAR.
- Paruelo, J. M., Bertiller M. B., Schilchter T.R. & F.R. Coronato. 1993. Secuencia de deterioro en los distintos ambientes patagónicos caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. LUDEPA-INTA-GTZ.
- Passera, C. B, Dalmaso, A. D & O. Borsetto. 1986. Método de "Point Quadrat Modificado". Taller de Arbustos Forrajeros para zonas áridas y semiáridas. SECYT. Buenos Aires.
- Roig, F., & E. Méndez, E. 2003. Especies indicadoras de Estados y Procesos en la vegetación patagónica. Mendoza.
- Soriano, A. 1956. Los Distritos Florísticos de la Provincia Patagónica. *Revista de investigaciones agrícolas*. Buenos Aires.
- Westoby, M., Walker, B. & Noy Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *J. Range. Manage.* 42 (4:266-274).

Naturalia patagónica, 5(1): 68-79 (2009)

## ANÁLISIS FITOSOCIOLÓGICO DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DE LOS CAÑADONES COSTEROS DEL DISTRITO DEL GOLFO SAN JORGE

### Phytosociological Study in Vegetal Communities in The Coastal Valleys In San Jorge Gulf District

Rueter, B. L. y Bertolami, M. A.

Departamento de Biología General. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Ciudad Universitaria- Km 4. 9000. Comodoro Rivadavia. Argentina. barbararueter@unpata.edu.ar / ecoberto@yahoo.com

#### RESUMEN

En este trabajo se analizaron, desde una perspectiva fitosociológica, las comunidades vegetales presentes en los cañadones costeros del Distrito del Golfo San Jorge considerando las Formaciones Biológicas (FB) como unidades de vegetación. Se trabajó con la siguiente Hipótesis: en el área existen Comunidades Vegetales definibles por su composición florística y fisonómica. Se trabajó en áreas de 100 m<sup>2</sup> analizando tres años consecutivos (2005, 2006 y 2007). Utilizando el Método Fitosociológico en 259 relevamientos, se registró la composición florística, se identificaron los Tipos Biológicos (TB) según Raunkiaer y se calculó la frecuencia obteniendo los Espectros Biológicos de las FB. El Espectro Biológico de las FB difirió significativamente del Espectro Biológico Teórico a excepción de la Estepa Herbácea de *Stipa* sp. Los TB dominantes fueron las Nanofanerófitas y las Caméfitas en casi todas las FB. El Matorral Abierto presentó un 59,5% más especies que el Matorral Cerrado, mientras que la Estepa Arbustiva de *Atriplex lampa* fue la que presentó un número menor de especies (15) y la Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *Poa ligularis* una mayor riqueza de especies (34). En los Matorrales la mayor presencia corresponde a las especies *C. integerrima* y *R. patagonica*, en las Estepas Arbustivas, la Especie Característica fue *A. lampa*, con un mayor o menor acompañamiento de otras especies, situación que define fisonómicamente la FB. Todas las FB cumplieron con la Ley de la Frecuencia (Clase I > Clase II > Clase III > = < Clase IV < Clase V), a excepción de la Estepa Arbustiva de *A. lampa*. El Grado de Sociabilidad nunca presentó valores máximos y las especies Características presentaron siempre Grados de Sociabilidad mucho mayores que las especies Acompañantes.

**Palabras clave:** Fitosociología- Tipos Biológicos- Ecosistemas Mediterráneos.

## ABSTRACT

The vegetal communities located in the coastal valleys of San Jorge Gulf District, were analyzed from a phytosociologic perspective. The Biological Formations (BF) were used as vegetation units. The following hypothesis was considered: in the area there are Vegetal Communities that can be defined using the floristic and physiognomic composition. It was worked in 100 m<sup>2</sup> areas, analyzing the following years (2005, 2006 and 2007). The Phytosociologic Method was utilized in 259 samples, the floristic composition was registered, the Biologic Types (BT), according to Raunkiaer, were identified and the frequency was calculated obtaining the Biologic Spectrum of the BF. The Biologic Spectrum of the BF had a significant difference from the Theoretical Biologic Spectrum except of the Herbaceous Steppe of *Stipa* sp. The dominant BTs were Nanophanerophytes and Chamaephytes in most of the BF. The Open "Matorral" had 59,5% more species than the Close "Matorral", meanwhile the Shrub Steppe of *Atriplex lampa* had the lowest number of species (15) and the Herbaceous and Shrubs Steppe of *A. lampa* and *Poa ligularis* had the highest richness of species (34). In the "Matorrales" the larger presence belongs to the species *C. integerrima* and *R. patagonia*, in the Shrub Steppes, the Characteristic Specie was *A. lampa*, with a higher or lower accompany of other species, which define physiognomically the BF. All the BF fulfilled the Frequency Law (Class I > Class II > Class III > = < Class IV < Class V), except of the Shrub Steppe of *A. lampa*. The Sociability Degree never showed highest values and the Characteristic Species always showed Sociability Degrees much higher than the Accompany Species.

**Keywords:** Phytosociology - Life Forms- Mediterranean Ecosystems.

## INTRODUCCION

La Fitosociología es el "método que estudia las comunidades vegetales desde un punto de vista florístico, ecológico, dinámico e histórico" (Braun-Blanquet, 1950). El análisis fitosociológico exige trabajar con áreas de "homogeneidad" fisonómica, llamadas en este trabajo Formaciones Biológicas.

Se denomina Formación Biológica (FB) a la agrupación de vegetales de diversas especies (Cabrera, 1971) donde el predominio de una de ellas le impone una fisonomía particular. Según Roig (1978) toda comunidad homogénea de aspecto uniforme y por lo tanto fisonómicamente individualizable, se

considera una FB; son además las unidades de trabajo de los análisis sociológicos.

Las plantas pueden ser agrupadas en clases o Tipos Biológicos (TB) según sus similitudes estructurales y funcionales (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Para la identificación de los mismos se consideró la clasificación de plantas vasculares propuesta por el botánico danés C. Raunkiaer en 1932, el cual se basa en el grado de protección de las yemas de renuevo en la estación desfavorable para las plantas.

Los TB propuestos por Raunkiaer y utilizados en este trabajo son los siguientes: Terófitos, Hidrófitos, Geófitos,

Hemicriptófitos, Caméfitos, Nanofanerófitos El Espectro Biológico propuesto por Raunkiaer (1932), considerado la hipótesis nula contra la cual se comparan los espectros de diferentes floras, es la representación en porcentaje del número de especies que corresponden a cada TB.

La Hipótesis de este trabajo fue que en los cañadones costeros del Distrito del Golfo San Jorge existen Comunidades Vegetales susceptibles de ser definidas a partir de sus características estructurales (composición florística y fisonómica). A fin de poner a prueba la Hipótesis mencionada, se trazaron los siguientes objetivos: 1) Analizar la Composición Florística de las Formaciones Biológicas y 2) Caracterizar las Formaciones Biológica a partir de los Tipos Biológicos presentes.

#### Área de Estudio.

El área de estudio se encuentra en el sudeste de la provincia del Chubut, sobre los cañadones costeros que bajan al mar en la vertiente oriental de la Pampa del Castillo y Pampa Salamanca. Desde el punto de vista geomorfológico, se encuentra en la Cuenca Cretácica del Golfo San Jorge (Feruglio, 1950), específicamente en la Unidad Geomorfológica: Relieve Estructural Disectado (Cesari, 1991), correspondiendo al nivel aterrazado más alto y antiguo de las extensas gravas fluviales denominadas Rodados Patagónicos o Terrazas del Plioceno (Fig. 1).

La vegetación fue descripta primeramente por Soriano (1956) mencionando que las especies dominantes en las laderas son *Retanilla patagonica* Spegazini, *Colliguaja integerrima* Gillies et Hooker ex Hooker, *Stipa* (Speg.) Parodi, *Poa ligularis* Nees ap. Steude y *Festuca argentina* (Speg.) Parodi. Sobre un estrato

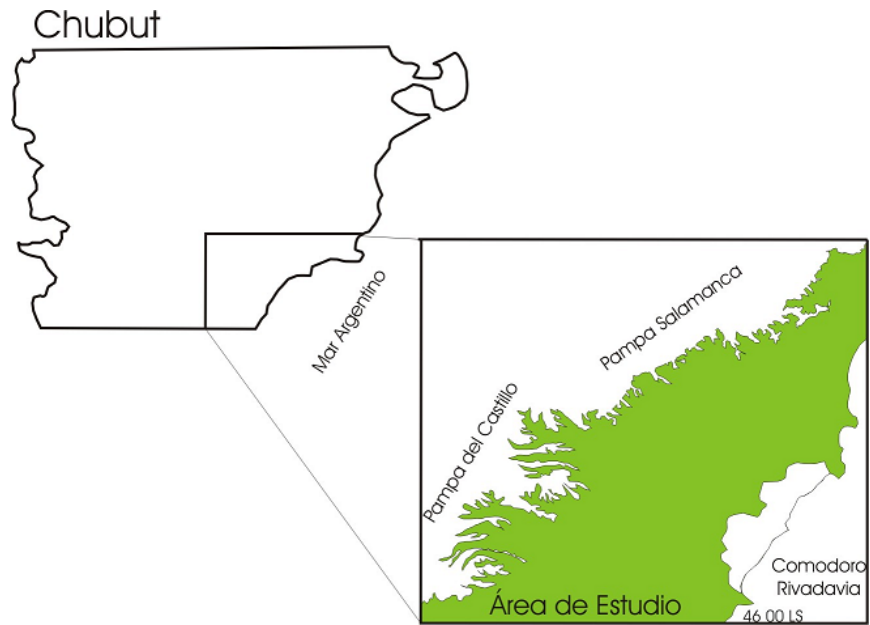
herbáceo más o menos continuo, se destacan los manchones de arbustos que a veces se cierran en un matorral denso hasta impedir el paso, como sucede en algunos cañadones. Los Matorrales Cerrados se encuentran en las laderas de exposición sur (umbría) mientras que los Matorrales Abiertos a las laderas de exposición norte (solana). En el fondo de los cañadones, en la parte más húmeda se hallan *Juncus balticus* Wildenow, *Carex subantarctica* Spegazini, *Eleocharis albibracteata* Nees et Meyen, ex Kunth, *Taraxacum officinale* Weber in Wiggers, etc. En los lugares bajos y salitrosos abundan *Atriplex lampa* (Gillies ex Moquin) y *A. saggitifolia* Spegazini y a veces, *Suaeda divaricata* Moquin.

Desde el punto de vista climático, el área de estudio presenta un gradiente pluviométrico decreciente de este a oeste, con lluvias concentradas en la época invernal. La media pluviométrica anual del período 1986-2007 fue de 245  $\text{mma}^{-1}$  (Servicio Meteorológico Nacional - Estación Meteorológica de Comodoro Rivadavia), determinándose, según el Índice de Aridez (UNESCO, 1979) un Clima Semiárido Superior (Beeskow *et al.*, 1987). La temperatura media para el mencionado período fue de 13,07 °C.

#### MATERIALES Y MÉTODOS.

Los relevamientos florísticos se efectuaron durante tres años consecutivos (Dic. de 2005, Oct. y Nov. de 2006 y Nov. de 2007) en el momento donde las especies presentes poseen estructuras reproductivas que permiten su identificación. Se seleccionaron ocho Formaciones Biológicas a fin de comprender el más amplio espectro de variación fisonómica presente en el área de estudio.

**Figura 1.** Ubicación del Área de Estudio



Las mismas fueron las siguientes:

1. Matorral Cerrado de *Colliguaja integerrima* y *Retanilla patagonica*
2. Matorral Abierto de *Colliguaja integerrima* y *Retanilla patagonica*
3. Estepa Arbustiva de *Atriplex lampa*
4. Estepa Arbustiva Herbácea de *Atriplex lampa* y *Chuquiraga avellanadae*
5. Estepa Arbustiva de *Atriplex lampa* y *Suaeda divaricata*
6. Estepa Arbustiva Herbácea de *Atriplex lampa* y *Poa ligularis*
7. Estepa Herbácea de *Stipa* sp.
8. Mallín Húmedo de *Juncus balticus*

En cada FB se delimitó una parcela de 100 m<sup>2</sup>, se efectuaron los Relevamientos Florísticos aplicando el Método Fitosociológico de Braun-Blanquet (1979). Se asignó a cada especie



presente un grado de Abundancia - Dominancia y Sociabilidad (Roig, 1978).

Los datos a campo fueron ordenados en una matriz primaria de especies por relevamiento para cada FB, donde se identificaron las especies presentes en función del TB según Raunkiaer (1932). Las clases de presencia fueron: Clase I: Especies presentes en un 0 a 20% de los relevamientos, Clase II: Especies presentes en un 21 a 40% de los relevamientos, Clase III: Especies presentes en un 41 a 60% de los relevamientos, Clase IV: Especies presentes en un 61 a 80% de los relevamientos y Clase V: Especies presentes en un 81 a 100% de los relevamientos.

Para verificar si los espectros biológicos obtenidos de las FB diferían significativamente del modelo esperado (Espectro Biológico Teórico de Raunkiaer), se aplicó el Test de chi cuadrado (Sokal y Rohlf, 1979). Para comparar el número de especies por relevamientos entre FB se utilizó el análisis de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS

En las FB denominadas Matorrales, se observó que el Matorral Abierto presentó un 59,5% más especies que el Matorral Cerrado. Entre las FB denominadas Estepas, la Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata* fue la que presentó un número menor de especies (15), mientras que la Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis* una mayor riqueza de especies (34). Los mallines presentaron el menor número de especies (15).

En los Matorrales la mayor presencia corresponde a las especies *C. integerrima* y *R. patagonica*

encontrándose en la totalidad de los relevamientos vegetales realizados. Se observaron además altos valores de presencia de otras especies, principalmente constituyendo el estrato herbáceo como: *Stipa humilis*, *Stipa speciosa major*, *Stipa speciosa speciosa* y *Poa ligularis*. En el Matorral Abierto, hay una mayor riqueza de Especies Acompañantes (40) como *Senecio filaginoides*, *Lycium ameghinoi*, *Atriplex lampa*, *Grindelia chiloensis*, *Prosopis denudans* y *Berberis heterophylla* en relación al Matorral Cerrado (23).

En las Estepas Arbustivas, la Especie Característica fue *A. lampa*, con el acompañamiento de otras especies como *Chuquiraga avellanadae*, *Suaeda divaricata* o *Poa ligularis*, situación que define fisonómicamente la FB. La presencia de Especies Acompañantes varió según la FB. En las Estepas Arbustivo Herbáceas, el estrato herbáceo tuvo mayor riqueza de especies Acompañantes como *Stipa humilis*, *Stipa speciosa major*, *Poa ligularis*, *Bromus setipholius*, *Hordeum comosum* y *Stipa neaei*, entre las gramíneas y *Erodium cicutarium* dentro de las dicotiledóneas no leñosas. En la Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, entre las Especies Acompañantes se observó la presencia de especies halófitas como: *Frankenia patagonica*, *Atriplex sagittifolia* y *Distichlis scoparia*, además de la Especie Característica: *S. divaricata*. Se observó en la Estepa Herbácea de *Stipa* sp. una mayor riqueza de gramíneas tanto entre las Especies Características como entre las Acompañantes.

En los Mallines, las Especies Características fueron *Juncus balticus*, *Carex* sp., *Taraxacum officinale* y *Tripholium repens* y las Acompañantes

*Stipa humilis*, *Bromus setipholius* y *Hordeum comosum*, entre otras.

En relación a la Riqueza Media de especies por relevamiento para cada FB se observó una diferencia significativa entre el Matorral Cerrado y el Matorral Abierto, mientras que las Estepas no presentaron diferencias significativas salvo en el caso de la Estepa Arbustivo Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis* (Tabla I).

En los Histogramas de Presencia de Guinchet se observó que el comportamiento de las FB es, en general, similar, cumpliendo con la Ley de la Frecuencia (Matteucci y Colma, 1982) (Clase I > Clase II > Clase III > = < Clase IV < Clase V), a excepción de la Estepa Arbustiva de *A. lampa*. En todas las FB se observa que las Clases I (Especies presentes en un 0 a 20% de los relevamientos) y II (Especies presentes

en un 21 a 40% de los relevamientos) son las más abundantes.

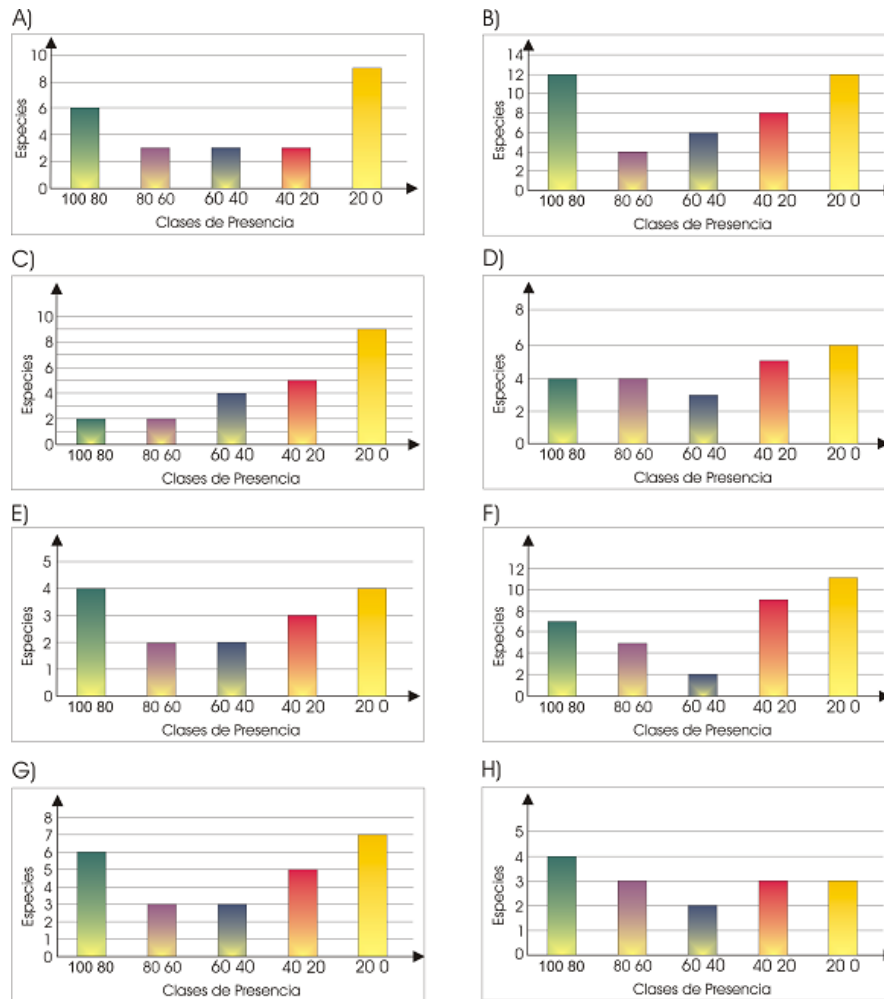
En el Matorral Cerrado de *C. integerrima* y *R. patagonica* (Fig. 2 A) se observó que la Clase I supera al resto de las clases de presencia, mientras que en el Matorral Abierto (Fig. 2 B) las Clases I y V tuvieron iguales valores de presencia, principalmente debido a especies de la familia Poáceae como *Stipa humilis*, *Stipa speciosa speciosa*, *Poa ligularis*, *Stipa speciosa major* y *Senecio filaginoides*. En el caso de la Estepa Arbustiva de *A. lampa* (Fig. 2 C) se observó la siguiente relación de clases de presencia: Clase I > Clase II > Clase III > Clase IV = Clase V. En los Mallines, se observó que la Clase V supera al resto de las clases con 4 especies que se encontraron en más del 81% de los relevamientos, mostrando una gran homogeneidad florística.

**Tabla I.** Riqueza Media por Relevamiento para las Formaciones Biológicas

Formaciones Biológicas								
	A	B	C	D	E	F	G	H
Riqueza								
Media por Relevamiento	11 a <sup>1</sup>	20 b	8 a	10 a	8 a	16 ab	12 a	9 a

A) Matorral Cerrado, B) Matorral Abierto, C) Estepa Arbustiva de *A. lampa*, D) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *C. avellanadae*, E) Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, F) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis*, G) Estepa Herbácea de *Stipa* sp., H) Mallín Húmedo de *Juncus balticus*<sup>1</sup> Distintas letras indican diferencias significativas entre FB.

Figura 2. Histograma de Presencia de Guinochet



A) Matorral Cerrado, B) Matorral Abierto, C) Estepa Arbustiva de *A. lampa*, D) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *C. avellaneda*, E) Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, F) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis*, G) Estepa Herbácea de *Stipa* sp., H) Mallín Húmedo de *Juncus balticus*. (100 80): Clase V; (80 60): Clase IV; (60 40): Clase III; (40 20): Clase II y (20 0): Clase I

El TB dominante fue diferente en cada FB. En los Matorrales dominaron las especies Nanofanerófitas, seguidas por las Hemicriptófitas y las Caméfitas. Las especies Terófitas fueron importantes en el Matorral Cerrado. En el resto de las FB, también dominaron las especies Nanofanerófitas con excepción de la Estepa Herbácea de *Stipa* sp. donde dominaron las Hemicriptófitas. En los relevamientos realizados en los Mallines, se observó una importante dominancia de las especies Hemicriptófitas seguida por las Hidrófitas. En general se observó que las especies Geófitas y Terófitas son escasas, a excepción del Matorral Cerrado donde este último TB se presentó en un 20%.

Los Espectros Biológicos de las FB difirieron del modelo (Espectro Biológico Teórico de Raunkiaer) en todos los casos, a excepción de la Estepa Herbácea de *Stipa* sp. En general se observó que la proporción de especies Nanofanerófitas observada en la FB Matorral Cerrado y Matorral Abierto fue mayor a la esperada, mientras que la proporción de Hemicriptófitas, Geófitas y Terófitas fue menor. Una situación similar se observó en la Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *C. avellanadae* y en la Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis*. En la Estepa Arbustiva de *A. lampa* y en la Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, solo las especies Nanofanerófitas superaron al modelo. Finalmente en los Mallines, tanto las especies Hemicriptófitas como las Hidrófitas observadas, fueron superiores a las esperadas en el Espectro Normal (Tabla II).

El Grado de Sociabilidad presentó un comportamiento diferente entre las

Comunidades Vegetales, con las características en común que nunca se midieron valores máximos (5) indicando la ausencia de individuos que constituyen formaciones densas en gran número; y que las especies Características presentaron siempre Grados de Sociabilidad mucho mayores que las especies Acompañantes, indicando en este último caso que los individuos se presentan en forma aislada.

En el caso de los Matorrales, las especies Nanofanerófitas mostraron un Grado de Sociabilidad elevado, siendo de 4 en el caso del Matorral Cerrado y de 3,7 en el Matorral Abierto; es decir, individuos que tienden a formar grupos o poblaciones. El resto de los Tipos Biológicos (Hemicriptófitas, Caméfitas, Geófitas y Terófitas) ya sean especies Características o Acompañantes, presentó un Grado de Sociabilidad bajo, cercano a 1, es decir individuos que se presentan de manera aislada. En las Estepas se observó que las especies Características tanto Nanofanerófitas como Hemicriptófitas presentaron Grados de Sociabilidad de medios a bajos, entre 2,59 y 1,55 en el caso de las primeras y entre 2,11 y 2,64 en las segundas.

Las especies Acompañantes y Accidentales tuvieron Grados de Sociabilidad bajos. Finalmente, en el caso de los Mallines, se observó que las especies Hidrófitas, presentaron un Grado de Sociabilidad medio de 2,48, con individuos que tienden a vivir juntos en escaso número, mientras que las especies Hemicriptófitas, tanto Características como Acompañantes tuvieron un Grado de Sociabilidad menor a 2 (Tabla III)..

Rueter, B. L.: Comunidades vegetales nativas.

**Tabla II.** Comparación entre el Espectro Teórico de Raunkiaer (Hipótesis Nula) y los Espectros Biológicos obtenidos en las Formaciones Biológicas (FB)

FB	Tipo Biológico					
	Nanofanerófitas	Caméfitas	Hemicriptófitas	Geófitas	Terófitas	Hidrófitas
A) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=32$ $X^2=19,27 *$	$P_e=16$ $X^2= 5,44$	$P_e=24$ $X^2= 0,15$	$P_e=4$ $X^2= 3,77$	$P_e=20$ $X^2= 0$	0 s/c
B) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=33$ $X^2= 21,60 *$	$P_e=21$ $X^2= 16 *$	$P_e=29$ $X^2= 0,35$	$P_e=7$ $X^2= 2,25$	$P_e=10$ $X^2= 0,69$	0 s/c
C) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=50$ $X^2= 81,67 *$	$P_e=18$ $X^2= 9$	$P_e=14$ $X^2= 5,54$	$P_e=9$ $X^2= 6,25$	$P_e=9$ $X^2= 1,23$	0 s/c
D) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=41$ $X^2= 45,07 *$	$P_e=23$ $X^2= 21,78 *$	$P_e=23$ $X^2= 0,35$	$P_e=5$ $X^2= 0,25$	$P_e=9$ $X^2= 1,23$	0 s/c
E) G.L.= 3 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 7,81$	$P_e=53$ $X^2= 96,27 *$	$P_e=13$ $X^2= 1,78$	$P_e=27$ $X^2= 0,04$	0 s/c	$P_e=7$ $X^2= 2,77$	0 s/c
F) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=38$ $X^2= 35,27 *$	$P_e=24$ $X^2= 25 *$	$P_e=24$ $X^2= 0,15$	$P_e=6$ $X^2= 1$	$P_e=9$ $X^2= 1,23$	0 s/c
G) G.L.= 4 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 9,49$	$P_e=25$ $X^2= 6,67$	$P_e=17$ $X^2= 7,11$	$P_e=38$ $X^2= 5,54$	$P_e=8$ $X^2= 4$	$P_e=13$ $X^2= 0$	0 s/c
H) G.L.= 1 $\alpha = 0,05$ $X^2_{\text{tabla}} = 3,84$	0 s/c	0 s/c	$P_e=78$ $X^2= 104 *$	0 s/c	0 s/c	$P_e=22$ $X^2= 200 *$
Modelo	$P_e=15$	$P_e=9$	$P_e=26$	$P_e=4$	$P_e=13$	$P_e=2$

A) Matorral Cerrado, B) Matorral Abierto, C) Estepa Arbustiva de *A. lampa*, D) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *C. avellanadae*, E) Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, F) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis*, G) Estepa Herbácea de *Stipa* sp., H) Mallín Húmedo de *Juncus balticus*

$P_e$  : Proporción de Especies; s/c: sin comparación,\* Diferencias Significativas  $\alpha = 0,05$

**Tabla III.** Grados de Sociabilidad por Formación Biológica y Tipo Biológico.

FB	Especies Características		Especies Acompañantes						Especies Accidentales
	N	H	N	H	C	G	T	Hi	N
A)	4	-	1	1,20	1	1	1	-	-
B)	3,7	-	1	1,25	1,16	1,16	1,17	-	-
C)	2,55	-	1,06	1,11	1,87	1	1,22	-	-
D)	2,59	2,11	1	1,42	1,19	1,33	1,13	-	-
E)	1,55	-	1	1,20	1,35	1,46	1,17	-	1
F)	2,36	2,64	1	1,57	1,32	1,11	1,09	-	1
G)	-	3	1	1,43	1,58	1,17	1,14	-	-
H)	-	1,63	-	1,35	-	-	-	2,48	-

A) Matorral Cerrado, B) Matorral Abierto, C) Estepa Arbustiva de *A. lampa*, D) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *C. avellanadae*, E) Estepa Arbustiva de *A. lampa* y *S. divaricata*, F) Estepa Arbustiva Herbácea de *A. lampa* y *P. ligularis*, G) Estepa Herbácea de *Stipa* sp., H) Mallín Húmedo de *Juncus balticus*

N: Nanofanerófitas, H: Hemicriptófitas, C: Caméfitas, G: Geófitas, T: Terófitas, Hi: Hidrófitas

Los resultados de este trabajo coinciden parcialmente con otras caracterizaciones de vegetación realizadas en el área por Soriano (1956), Cabrera (1971), Bertiller *et al.* (1980), Correa (1998) y Bertolami (2005). Sin embargo, este trabajo pretende avanzar hacia una caracterización florística y fisonómica mayor, que permita servir de base para un posterior mapeado de los Cañadones Costeros del Distrito del Golfo San Jorge, a fin de considerar las diferentes subunidades de vegetación que hacen a sus características paisajísticas y productivas.

Se ha observado que las comunidades vegetales descritas en este trabajo, coinciden con la definición de Asociación Vegetal propuesta por Braun-Blanquet (Roig, 1966): "Una asociación es una comunidad vegetal de composición florística más o menos constante, en equilibrio con su medio y en la que elementos que le son exclusivos o casi, revelan una ecología particular". Podría decirse entonces que los matorrales, las estepas y los mallines son tres asociaciones vegetales, que por sus características florísticas y fisonómicas revelan atributos ecológicos propios que merecen un análisis y tratamiento

diferencial. En los matorrales se observó uniformidad tanto en la composición florística de las especies Características como Acompañantes, ya que siempre dominaron *C. integerrima* y *R. patagonica*, no se observaron FB dominados por otras especies Nanofanerófitas. Mientras que en las estepas, se observó que *A. lampa* fue la especie Característica en todas las FB donde había dominancia de especies Nanofanerófitas mostrando una gran amplitud ecológica, mientras que se observó una variación en las especies Características.

La mayor riqueza florística de los Matorrales Abiertos (Laderas de solana) con respecto a los Matorrales Cerrados (Laderas de umbría) (Tabla I), se podría explicar a partir que en el hemisferio sur, las laderas de exposición sur son más méxicas que las laderas de exposición norte, por lo cual, en esta última se esperaría encontrar un mayor número de estrategias para solucionar el problema de la disponibilidad de agua en las laderas de solana que en las laderas de umbría, redundando en una mayor diversidad florística (Valverde Padilla, 2002). Se observó en este trabajo que los Matorrales Abiertos tienen un 59,5% más especies que los Matorrales Cerrados, y que los primeros tuvieron 40 especies Acompañantes, mientras que los segundos tuvieron 23.

Se observó un predominio de las especies Nanofanerófitas seguidas por Hemicriptófitas y Caméfitas en la mayoría de las FB. Las especies Geófitas y Terófitas se presentaron en bajo porcentaje en todas las FB, a excepción del Matorral Cerrado, donde estas últimas alcanzaron el 20%. La elevada proporción de especies de ciclo anual en el Matorral Cerrado, podría deberse a una mayor retención de humedad en las laderas de

umbría en relación a las de solana. Sin embargo, la escasa proporción de especies Terófitas observadas en el área de estudio pudo deberse a una subestimación en el muestreo, ya que los relevamientos florísticos se efectuaron en primavera (Octubre, Noviembre y Diciembre), habiendo subestimado el rebrote de otoño ocasionado por el solapamiento entre lluvias tempranas y temperaturas propicias para el desarrollo de especies de ciclo anual.

A través de la correlación múltiple, se encontró que los valores del desnivel de nebkas (DN) mostraron una correlación altamente significativa ( $p < 0,01$ ) y positiva con el pavimento de erosión (PE), como se expresa en la siguiente ecuación:

$$DN = 1,017857 + 0,398810 PE.$$

También se observó una correlación positiva y altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre el porcentaje de cobertura de especies perennes (CP) y el porcentaje de cobertura de mantillo (M), como se observa en la siguiente ecuación:

$$CP = 1,9448025 + 0,264033 CM$$

## CONCLUSION

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que en los Cañadones Costeros del Distrito del Golfo San Jorge existen unidades de vegetación diferenciables a nivel de sus atributos estructurales.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a los revisores por los aportes realizados en la elaboración de este trabajo.

Rueter, B. L.: Comunidades vegetales nativas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beeskow, A. M., Del Valle, H y Rostagno, C.M. 1987. Los Sistemas Fisiográficos de la Región Árida y Semiárida de la Provincia del Chubut. SECYT, Puerto Madryn, 143 pp.
- Bertiller, M.B., Beeskow, A.M. y Irisarri, M. de P. 1980. Caracteres Fisonómicos y Florísticos de la Vegetación de Chubut. SECyT. 26 pp.
- Bertolami, M.A. 2005. Structures Paysageres, Production et Degradation des Steppes de Patagonie Argentine (Departement d'Escalante, Province de Chubut)". Universidad de Toulouse II, 164pp. Francia.
- Braun-Blanquet, J. 1950. Sociología Vegetal, Estudio de las Comunidades Vegetales. Eds. Grassi & Diglio. Buenos Aires.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Ed. Blume. Madrid. 820 pp.
- Cabrera, A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Vol. XIV, 1-2.
- Cesari, O. 1991. Geomorfología del Departamento de Escalante. Informe PRECODEPA-UNPSJB. Inédito. Comodoro Rivadavia. 6 pp.
- Correa, M.N. 1998. Flora Patagónica. Colección Científica INTA. Buenos Aires. 7 vol.
- Feruglio, E. 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. Tomo III. Ed. Coni. Buenos Aires.
- Matteucci, S.D. y Colma A. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Willey & Sons, New York, 547 pp.
- Raunkiaer, C. 1932. The Life Forms of Plants and Statistical Geography. Ed. Clarendon. Oxford.
- Roig, F. A. 1966. La Cartografía de la Vegetación. Bol. Est. Geogr.. XIII: 255-287.
- Roig, F. A. 1978. El Cuadro Fitosociológico en el Estudio de la Vegetación. Deserta 4:45-67.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1979. Biometría. Ed. Blume, Madrid, 832 pp.
- Soriano, A. 1956. Los Distritos Florísticos de la Provincia Patagónica. Rev. Inv. Agric, 10: 349-372.
- Valverde Padilla, P.L. 2002. Cambio en la abundancia, dominancia y diversidad de formas de vida vegetales entre laderas norte y sur en el Valle Medio de Zapotitlán, México. Contactos 45, 45-50.



Naturalia patagónica, 5(1): 80-93 (2009)

**UNA NUEVA ESPECIE DEL GÉNERO *PHYMATURUS* DEL “GRUPO *PATAGONICUS*” EN LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DEL SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO, PATAGONIA ARGENTINA (REPTILIA: IGUANIA: LIOLAEMIDAE).**

**A new species of *Phymaturus* of the “*patagonicus* group” from rocky outcrops in the southwestern Rio Negro province, Patagonia Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae)..**

**Scolaro José Alejandro<sup>1,2</sup> y Tappari Osvaldo Fabián<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, Julio A. Roca 115, 1º Piso - 9100 Trelew, Chubut, Argentina.

<sup>2</sup>Centro Nacional Patagónico, CONICET, H.L. Jones 143 - 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina. E-mail: [scolaro@cenpat.edu.ar](mailto:scolaro@cenpat.edu.ar).

**RESUMEN**

Se describe una nueva especie, *Phymaturus* **sp. nov.**, miembro del grupo *Phymaturus patagonicus* de distribución patagónica, caracterizado por tener escamas superciliares delgadas e imbricadas antes que rectangulares y no solapadas; escamas caudales ligeramente espinosas, dispuestas en verticilos. Además presenta la escama subocular fragmentada y separada de las supralabiales por dos hileras de escamas lorilabiales (como en muchas especies del grupo *palluma*). No obstante, puede ser distinguida de otros miembros del grupo *patagonicus* por poseer diferencias en caracteres tanto métricos como merísticos, así como un peculiar patrón de coloración. La especie se encuentra aproximadamente a los 1100 m de altitud en afloramientos rocosos en las cercanías de Ingeniero Jacobacci, en el suroeste de la Provincia de Río Negro, Argentina. Se compara la morfología de la nueva especie con las especies vecinas más relacionadas del grupo *patagonicus* y se describe su distribución e historia natural. La nueva especie se distingue de las especies vecinas de dicho grupo por su menor tamaño y esbeltez, peculiar coloración dorsal en bandas claras y oscuras con un intenso jaspeado de pequeñas manchitas negras irregulares que en forma tenue también se presentan en la región gular. Además, presenta un mayor número de escamas, en el dorso de la cabeza, alrededor de mitad del cuerpo, ventrales y en contacto con la escama mental. Comparte con las especies simpátricas y vecinas geográficas, caracteres tales como la escama subocular fragmentada en tres partes y dos hileras de escamas lorilabiales entre la subocular y las supralabiales, número de escamas supralabiales e infralabiales y número de lamelas digitales en el cuarto dedo de mano y pie.

**Palabras clave:** Reptiles Patagónicos, *Phymaturus*, Liolaemidae, Lagarto de Rocas.

## ABSTRACT

A new species, *Phymaturus* **sp. nov.** is described as a new member of the *Phymaturus patagonicus* group of patagonian geographic distribution. It is distinguished by having flat imbricate scales superciliaries rather than rectangular and non-overlapping, and slightly spiny caudal scales in verticilles. Additionally, the subocular scale is fragmented and separated from the supralabials by two rows of lorilabials (as in most species of the *palluma* group). The species may be distinguished from other members of the *patagonicus* group by having metric and meristic differences, as well as a peculiar color pattern. It lives at about 1100 m of altitude in rocky outcrops near Ingeniero Jacobacci, in southwestern Rio Negro Province, Argentina. The new species and the closely related species of the *patagonicus* group are morphologically compared, and its distribution and natural history are described. This species may be distinguished from neighboring species of the group by being smaller and slender, its peculiar dorsal coloration in light and dark stripes with an intense speckled of small, black and irregular spots in the gular zone. In addition, this new species show higher number of scales in the head dorsum, and around midbody; a higher number of ventral scales and a higher scale number contacting mental. This species share with the sympatric species and geographic neighbors, characters such as the subocular scale fragmented in three scales and two rows of lorilabials between subocular and supralabial scales, the number of supralabial and infralabial scales and the number of digital lamellae in the fourth finger and toe.

**Keywords:** Patagonian Reptiles, *Phymaturus*, Liolaemidae, rock-dwelling lizard.

## INTRODUCCION

El género *Phymaturus* se caracteriza por agrupar lagartijas robustas de cuerpo aplanado que les permite habitar ambientes rocosos y desplazarse entre las grietas. Comprende varias especies distribuidas extensamente en las alturas de Los Andes y las mesetas volcánicas patagónicas, desde Catamarca hasta el límite sur de Chubut. Solo dos especies se registran del lado chileno de Los Andes (Chebez et al., 2005; Pincheira-Donoso, 2004; Lobo y Quinteros, 2005b; Scolaro, 2005, 2006; Scolaro & Iburgüengoytía, 2007).

Este género fue poco estudiado en el pasado, constituido por solamente una especie con dos formas (Donoso Barros, 1966; Peters & Donoso Barros, 1970),

hasta que recientemente nuevos estudios han interesado a varios autores llevando a reconocer 21 especies (Scolaro & Iburgüengoytía, 2008).

El género *Phymaturus* comprende dos grupos de especies basados en sus caracteres morfológicos: el grupo *palluma* (ICZN, 2005; *flagellifer*, *sensu* Cei, 1993; Cei y Scolaro, 2006) y el grupo *patagonicus* (Cei, 1993; Etheridge, 1995). El grupo *palluma* incluye siete especies: *P. palluma* (Molina 1782), *P. mallimacci* Cei 1980, *P. punae* Cei, Etheridge & Videla 1983, *P. antofagastensis* Pereyra 1985, *P. verdugo* Cei & Videla 2003, *P. vociferator* Pincheira-Donoso 2004 (= *P. dorsimaculatus* Lobo & Quinteros 2005b; Pincheira-Donoso et al., 2008) y *P. roigorum* Lobo & Abdala 2007. El grupo

*patagonicus* se encuentra restringido a la estepa patagónica y comprende 14 especies. La más antigua *P. patagonicus* Koslowsky 1898, y varias especies previamente descritas como subespecies del grupo *patagonicus*: *P. indistinctus* Cei & Castro 1973; *P. nevadoi* Cei & Castro 1973, *P. somuncurensis* Cei & Castro 1973, *P. payuniaie* Cei & Castro 1973 y *P. zapalensis* Cei & Castro 1973. Recientemente más especies han sido adscriptas al grupo: *P. excelsus* Lobo & Quinteros 2005b, *P. spectabilis* Lobo & Quinteros 2005b, *P. tenebrosus* Lobo & Quinteros 2005b, *P. calcogaster* Scolaro & Cei 2003 (inicialmente considerada con status intermedio entre ambos grupos), *P. ceii* Scolaro & Ibargüengoytía 2007, *P. agilis* Scolaro, Ibargüengoytía & Pincheira-Donoso 2008 y *P. manuelae* Scolaro & Ibargüengoytía 2008. Asimismo, *Phymaturus spurcus* Barbour 1921, ha sido recientemente revalidado taxonómicamente (Lobo y Quinteros, 2005a).

Las especies de *Phymaturus* se caracterizan por poseer un cuerpo robusto, ancho y chato, una cola gruesa con escamas mucronadas y espinosas, y notorios pliegues epidérmicos nucales y laterales del cuello formando bolsas gruesas hinchadas, entre otros exclusivos caracteres (Cei, 1986; Etheridge, 1995). El grupo *palluma* es definido, *sensu* Etheridge (1995), por la presencia de escamas superciliares no-imbricadas, la escama sub-ocular dividida en cinco o más fragmentos, dos a cuatro hileras de escamas lorilabiales, la escama mental más angosta que la rostral y usualmente en contacto con las infralabiales, y escamas de la cola con espinas bien desarrolladas dispuestas en dos anillos por segmento. El grupo *patagonicus* en cambio, posee escamas superciliares

alargadas e imbricadas superpuestas, una única escama subocular alargada usualmente no fragmentada, escamas caudales lisas débilmente quilladas, y el surco de Meckel fusionado y cerrado (Cei, 1993; Etheridge, 1995). De acuerdo con Etheridge (1995) y Lobo y Quinteros (2005b) las especies de este grupo también usualmente muestran una única hilera de escamas lorilabiales separando la subocular de las supralabiales, con excepciones recientemente observadas tales como en *P. calcogaster* (Scolaro y Cei, 2003).

La taxonomía del género no está aún resuelta y muchas especies y poblaciones probablemente restan por ser descritas. En este estudio presentamos datos morfológicos y documentos fotográficos para distinguir este nuevo taxón de las restantes especies conocidas del género *Phymaturus*.

A pesar de varios años de búsqueda, no se han encontrado más ejemplares de esta enigmática forma, y por razones de estudios moleculares (ADN) comparativos en curso entre las especies del grupo, se hace necesario describir y proponer como nueva especie, esta forma endémica de Río Negro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Tratándose de un taxón establecido principalmente sobre caracteres morfológicos diferenciales, se realizaron las mediciones standard utilizando un calibre de precisión (0.1 mm de exactitud) y un estéreo-microscopio de disección para observaciones de detalle y recuento de escamas. Los acrónimos de las colecciones herpetológicas citadas corresponden a: MLP.R. Colección Herpetológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de La

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

Plata; IADIZA-CH, Colección Herpetológica del Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas, CONICET, Mendoza; IBA, Instituto de Biología Animal, Mendoza; MACN, Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia", Buenos Aires; JAS-DC, J.A. Scolaro-Colección Diagnóstica, CENPAT-

CONICET, Puerto Madryn; JMC-DC, Colección Herpetológica "Dr. J.M. Cei", Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de San Luis; UNCo-PH, Universidad Nacional del Comahue, Colección Herpetológica, Bariloche, Río Negro.

DESCRIPCIÓN DE LA NUEVA ESPECIE  
***Phymaturus desuetus* sp. nov.**

**Fig. 1** Arriba: vista dorsal en vivo del Holotipo de *Phymaturus desuetus* sp. nov., Ing. Jacobacci, Río Negro. Abajo: vista ventral del mismo ejemplar. FOTOS: J.A. Scolaro, 10-Marzo-2006.



**Holotipo.-**

MLP.R. 5411, hembra adulta. Hallado en Barda Sur Ingeniero Jacobacci, Río Negro, a 1100 m snm, en ambientes rocosos de origen volcánico. Colectado por J.A. Scolaro y O.F. Tappari, el 10 de Marzo de 2006.

**Diagnosis.-**

Especie diferenciable a simple vista por su coloración dorso-ventral, de todo otro taxón descrito del género *Phymaturus*, en particular del grupo "*patagonicus*". Se distingue de las especies vecinas de dicho grupo por su menor tamaño y esbeltez, peculiar coloración dorsal en bandas claras y oscuras con un intenso jaspeado de pequeñas manchitas negras irregulares que en forma tenue también se presentan en la región gular. Además, presenta un mayor número de escamas, en el dorso de la cabeza, alrededor de mitad del cuerpo, ventrales y en contacto con la escama mental. Comparte con las especies simpátricas y vecinas geográficas, caracteres tales como la escama subocular fragmentada en tres partes y dos hileras de escamas lorilabiales entre la subocular y las supralabiales, número de escamas supralabiales e infralabiales y número de lamelas digitales en el cuarto dedo de mano y pie. De *Phymaturus spectabilis*, especie simpátrica del grupo "*patagonicus*", se distingue porque esta especie muestra un particular patrón de diseño dorsal con dos bandas paravertebrales de manchas oceladas amarillas y negras y variegado en dorso de cola y extremidades, color ventral rojo ladrillo con salpicado irregular de manchitas negras, mayor tamaño y menor número de escamas suboculares, alrededor del cuerpo y ventrales. De *P.*

*spurcus* se distingue porque esta especie posee un color dorsal pardo oscuro sin manchas, color ventral amarillento-anaranjado sin manchas y cola anillada, mayor tamaño corporal, mayor fragmentación de la escama subocular y menor número de escamas alrededor del cuerpo y ventrales. De *P. agilis* se diferencia porque esta especie presenta un color dorsal de fondo pardo rojizo con patrón de estrías paravertebrales oscuras, color ventral rojo ladrillo intenso con flancos marmorados negros, mayor tamaño corporal y fragmentación de la subocular y menor número de escamas alrededor del cuerpo y ventrales. De *P. excelsus* se distingue porque esta especie tiene un diseño dorsal sobre fondo negro de dos bandas de manchas oceladas interconectadas con manchitas alargadas de color amarillo, color ventral rojizo y menor número de escamas alrededor del cuerpo, ventrales y en contacto con la mental.

**Etimología.-**

El nombre en Latín hace referencia al carácter raro, desusado de su hallazgo, su peculiar coloración notoriamente diferente de las especies vecinas del género, su aislamiento y escasez de ejemplares en el área del hallazgo.

**Descripción.-**

Ejemplar esbelto, de tamaño pequeño para el género (Tabla I); de 72,3 mm entre hocico-cloaca; cola entera de 76,6 mm (106% de LHC); extremidades posteriores esbeltas y largas, medidas desde la inserción de la pata con la pared del cuerpo hasta el extremo del cuarto dedo del pie incluyendo la uña (43,1 mm), que corresponden al 59,6% de la distancia hocico-cloaca; extremidades anteriores medidas desde la inserción de

la pata anterior con la pared del cuerpo, hasta el extremo del cuarto dedo incluyendo la uña (25,2 mm), que representan 34,8% de la distancia hocico-cloaca. Estos porcentajes indican claramente la peculiar esbeltez de esta especie. Distancia axila-ingle de 36,9 mm (51% de la distancia hocico-cloaca); la extremidad posterior estirada hacia delante apenas alcanza la axila; la extremidad anterior estirada hacia atrás no alcanza la ingle. Cabeza relativamente pequeña, bien delimitada respecto del cuello, longitud 15,0 mm, ancho 14,3 mm. Expansiones cutáneas laterales de la región del cuello ("tufts") relativamente reducidas superando escasamente el ancho de la cabeza. Longitud del hocico 6,1 mm (medida desde el extremo de la escama rostral hasta la comisura ocular anterior), no sobresaliendo el borde de la mandíbula; distancia comisura ocular-narina 2,5 mm; diámetro orbital horizontal 6,4 mm; diámetro vertical de la abertura auditiva 4,2 mm, con 4-5 escamas cónicas notorias en borde anterior y escamas granulares diminutas en el borde posterior; cantal separada de la nasal por dos escamas irregulares. Región nasal redondeada, convexa en perfil; región fronto-nasal ligeramente cóncava; narinas orientadas fronto-lateralmente, separadas entre sí por cuatro hileras de escamas diminutas y separadas de las supralabiales y de la escama frontal por una hilera de pequeñas escamas; nasal rodeada por 8 escamas irregulares, alargadas y diminutas. Rostral más ancha que alta, de mayor ancho que la mental.

Escamas cefálicas pequeñas, irregulares, redondeadas y lisas, también en la región parietal y temporal; 22 escamas dorsales en la cabeza; 15 escamas irregulares entre la mental e interparietal; interparietal evidente,

hexagonal, de mayor tamaño que las parietales, rodeada por seis escamas; semicírculos supraorbitales evidentes, regulares con 14-16 escamas homogéneas de diferente tamaño y en contacto; cinco hileras de escamas desiguales entre semicírculos y supraciliares; 9/9 escamas supraciliares superpuestas, más largas que anchas, posteriormente reducidas; cinco hileras de escamas gradualmente decrecientes entre la interparietal y las escamas nucales pequeñas y granulares. Escama subocular fragmentada en 3/3 cuadrangulares poco prominentes, más cortas que el diámetro ocular; 2/2 hileras de lorilabiales entre suboculares y las 8/8 supralabiales; 9/9 infralabiales medias decrecientes posteriormente; mental rectangular, más alta que ancha, rodeada por seis escamas y 7/6 hileras bilaterales de postmentales aplanadas subpentagonales de similar tamaño, excepto las finales; gulares redondas y diminutas, disminuyendo en tamaño hacia los pliegues gular y laterales, 63 gulares entre las aberturas auriculares; pliegue gular notorio y completo. Dorsales granulares, con hileras regularmente dispuestas, 246 alrededor de la mitad del cuerpo. Las dorsales disminuyen su tamaño hacia los flancos y en los límites con las ventrales. Escamas ventrales romboidales, subimbricadas y lisas, notablemente 2-3 veces más grandes que las dorsales, 178 entre la mental y la abertura cloacal. Región cloacal rectangular, con escamas levemente ensanchadas; a una distancia de dos centímetros de esa región, se observa una hendidura flanqueada por escamas alargadas y angostas, (fig. 1, faz ventral), verosímil vestigio de anexos fetales propios de estos iguánidos vivíparos.

Escamas braquiales, antebraquiales y supradigitales pequeñas, redondeadas, lisas y subimbricadas y granulares muy pequeñas en las respectivas superficies ventrales. Débilmente mucronadas las costales de codos y rodillas. Suprafemorales más anchas e imbricadas, reduciéndose hasta granulares posteriormente; inferiormente cuadrangulares, regulares e imbricadas. Tibiales superiormente en hileras de escamas heterogéneas, subimbricadas, algo erizadas en los costados; inferiormente ensanchadas, lisas y subimbricadas. Supracarpales y supratarsales irregulares, lisas, imbricadas; infracarpales e infratarsales pequeñas, irregulares, imbricadas; dedos terminados en uñas largas curvas y oscuras; 24-25 lamelas digitales del cuarto dedo de la mano (10,0 mm); 27-28 lamelas digitales del cuarto dedo del pie (12,0 mm). Escamas caudales subpentagonales, lisas, débilmente carenadas en la primera porción de la cola; en el resto de la cola, regularmente verticiladas, cónicas, fuertemente carenadas y puntiagudas, presentando sus verticilos un aspecto espinoso, si bien atenuado comparado con los erizados verticilos de las especies del grupo "*palluma*"; ventralmente lisas en la parte proximal, puntiagudas y fuertemente carenadas en la porción distal.

**Coloración.-**

En el ejemplar vivo (Fig. 1) dorsalmente puede observarse, sobre un fondo cremoso amarillento, un jaspeado o moteado de pequeñas manchitas negras puntuales, alargadas y sub-semilunares entremezcladas irregularmente; una

banda dorsal vertebral de color castaño intenso muestra una hilera discontinua de manchas alargadas de color negro; a ambos lados de esta banda central aparecen dos bandas de fondo claro donde la densidad de manchitas puntuales es menor; luego, hacia ambos flancos, sobre fondo castaño pálido, otras dos bandas donde las manchas se entremezclan en mayor densidad, para luego disminuir su presencia en los flancos en el límite con las escamas ventrales, donde desaparecen por completo. En la faz ventral: garganta con un denso jaspeado irregular de pequeñas manchitas negras, garganta, cuello y parte proximal del pecho y anverso de extremidades anteriores de color gris blanquecino; vientre, abdomen, anverso de extremidades y cola intensamente anaranjado-amarillento y sin manchas negras; parte distal de la cola muestra manchas irregulares de color marrón claro. El dorso de las extremidades muestra un moteado irregular intenso similar a la banda dorsal paravertebral. La cabeza muestra un patrón de estrechas bandas negras alargadas, alternadas con bandas blancas en forma casi radial desde las parietales y que se prolongan hasta las infralabiales, pero sin afectar la zona gular. La parte dorsal de la cola muestra 10-12 ocelos alternos tenues de color marrón claro con una pequeña mancha central oscura o negra. Estos ocelos se desdibujan como manchas alargadas oscuras y como un anillado de manchas claras y marrones hacia el extremo de la cola. En el ejemplar preservado (formol-alcohol 70%) la coloración dorsal descrita se atenúa.

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

**TABLA I.** Variación de los principales caracteres morfométricos de *Phymaturus desuetus*, y las especies vecinas geográficas del grupo *patagonicus*: Media  $\pm$  desvío estándar, rango y tamaño muestral (entre paréntesis).

VARIABLES	<i>P. desuetus</i>	<i>P. spectabilis</i>	<i>P. spurcus</i>	<i>P. excelsus</i>	<i>P. agilis</i>
Largo Hocico-Cloaca (mm)	72,3	83,9 $\pm$ 4,4 (31)	84,5 $\pm$ 5,6 (10)	82,1 $\pm$ 4,9 (9)	85,8 $\pm$ 4,7 (24)
Escamas alrededor del cuerpo	246,0	206,6 $\pm$ 10,3 (7)	224,4 $\pm$ 14,6 (11)	201,7 $\pm$ 13,8 (8)	227,8 $\pm$ 9,1 (11)
Escamas dorso cabeza	22,0	20,9 $\pm$ 0,7 (31)	20,9 $\pm$ 1,1 (12)	19,9 $\pm$ 0,8 (8)	21,1 $\pm$ 1,1 (24)
Escamas ventrales	178,0	164,8 $\pm$ 10,4 (7)	174,2 $\pm$ 9,7 (11)	168,7 $\pm$ 8,4 (8)	169,0 $\pm$ 6,6 (11)
Escamas suboculares	3,0	2,5 $\pm$ 0,5 (31) 2-3	4,3 $\pm$ 0,7 (24) 3-5	2,9 $\pm$ 1,2 (20) 1-5	4,2 $\pm$ 0,7 (24) 3-5
Hileras de escamas lorilabiales	2,0	2,1 $\pm$ 0,4 (31) 2-3	2,1 $\pm$ 0,3 (24) 2-3	2,1 $\pm$ 0,4 (20) 2-3	2,5 $\pm$ 0,5 (24) 2-3
Escamas alrededor de la mental	6,0	4,3 $\pm$ 0,6 (31) 4-6	4,5 $\pm$ 0,5 (10) 4-5	4,1 $\pm$ 0,3 (10) 4-5	4,2 $\pm$ 0,5 (24) 4-6
Distancia axila-ingle (mm)	36,9	43,9 $\pm$ 4,6 (31)	46,1 $\pm$ 3,8 (10)	45,5 $\pm$ 4,6 (9)	44,9 $\pm$ 3,8 (24)
Poros precloacales en machos	- -	10,3 $\pm$ 1,9 (11)	9,7 $\pm$ 2,4 (7)	9,5 $\pm$ 0,6 (4)	10,2 $\pm$ 1,9 (11)
Escamas supralabiales	8,0	8,6 $\pm$ 0,7 (31)	8,6 $\pm$ 0,7 (12)	8,1 $\pm$ 0,5 (12)	8,4 $\pm$ 0,9 (24)
Escamas infralabiales	9,0	8,3 $\pm$ 0,5 (31)	9,0 $\pm$ 0,4 (12)	8,0 $\pm$ 0,4 (12)	8,2 $\pm$ 0,6 (24)
Largo extremidad anterior (mm)	25,2	30,4 $\pm$ 1,9 (31)	32,4 $\pm$ 2,1 (10)	31,4 $\pm$ 1,3 (11)	29,6 $\pm$ 1,6 (24)



#### **Distribución.-**

La del Holotipo en su Terra Typica.

#### **Historia Natural.-**

Especie hallada hasta el presente en los acantilados y escombros rocosos volcánicos de las bardas de la meseta basáltica de la Terra Typica. Estas mesetas de origen Terciario, de orientación sur-suroeste, de reducida superficie aparecen como emergentes conos (1000-1200 m snm) aislados, están conformadas por repetidos depósitos de material piroclástico, como resultado de una intensa actividad volcánica y están separadas por estrechos valles como consecuencia de la emergencia de la cordillera de Los Andes. La alta sedimentación de estos valles es el producto de la ingresión marina ocurrida durante el Paleoceno junto con una posterior intensa erosión hídrica (Coira 1979). La fisonomía de estas mesetas muestra diferentes niveles de terrazas provocadas por fragmentación gravitacional y posterior acumulación de lava y depósitos basálticos. Las mesetas están separadas por pocos kilómetros y las paredes de sus flancos de bloques volcánicos muestran procesos erosivos, derrumbes y escombros. Estas muy fragmentadas y agrietadas rocas constituyen el biotopo de muchas especies endémicas de reptiles, como es el caso de *Phymaturus desuetus*, y aún cuando ellas muestran un fenómeno de vicarianza entre mesetas vecinas, no es posible observar a las diferentes especies a más bajas altitudes en los valles (Scolaro, 2006; Scolaro & Iburgüengoytía, 2008).

El biotopo se encuentra dentro del distrito árido del Monte Austral, una estepa abierta con abundante suelo desnudo, cubierto principalmente por

gravas y rocas efusivas, dominada por arbustos achaparrados y herbáceas de poca cobertura. La vegetación dominante está conformada por arbustos bajos (con *Nassauvia glomerulosa*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Mulinum spinosum*, *Senecio filaginoides*, *Stillingia patagonica*, *Junellia spp.*, *Amsinkia calycina*, *Acaena splendens*, *Perezia spp.*, *Ephedra spp.*, *Fabiana patagonica*, *Grindelia coronensis*, *Austrocactus patagonicus*), estepa de arbustos medios y gramíneas (con *Prosopis denudans*, *Lycium chilense*, *Lycium gillesianum*, *Adesmia patagonica*, *A. volckmanni*, *Schinus johnstonii*), y gramíneas en cojines (*Stipa papposa*, *Poa ligularis*, *Bromus catharticus*) (Cabrera, 1971).

En este microhabitat *Phymaturus desuetus* comparte el biotopo con otra especie del género, *P. spectabilis*, y otras especies de reptiles que incluye iguánidos liolaemidos (*L. elongatus*, *L. bibronii*, *L. ceii*), y el gekkonido *Homonota darwinii*. Sin embargo a causa de que la nueva especie tiende a ocupar los afloramientos rocosos, la frecuencia de otras especies es escasa. Los colubridos *Philodryas patagoniensis* y *Philodryas trilineata* y el viperido *Bothrops ammodytoides* son comunes en la misma localidad, y juntos con *Diplolaemus sexcinctus* pueden ser sus potenciales predadores.

*Phymaturus desuetus* parece ser vivíparo y herbívoro, semejante a otros miembros de éste género. El único espécimen capturado mostró ser más agresivo en su comportamiento, que aquel normalmente observado en otros *Phymaturus*.

#### **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

El interés de este nuevo *Phymaturus* en la latitud de su hallazgo, donde en la vecindad geográfica se

encuentra una interesante y compleja variedad de formas del género ya fue destacado precedentemente. El exámen morfológico permite adscribir a esta nueva especie al grupo “*patagonicus*” (*sensu* Etheridge, 1995) en base a los caracteres observados y a la comparación con los taxa de dicho grupo, en cuanto a la lepidosis y las proporciones del cuerpo y extremidades. No obstante, cabe notar que la nueva especie junto con las restantes especies vecinas del género, muestran algunos caracteres intermedios al esquema definido por Etheridge (1995) para separar los grupos “*palluma*” y “*patagonicus*” (Tabla I). Este conjunto de especies, que tentativamente denominamos “preandino”, se diferencia del grupo “*palluma*” por un menor tamaño corporal, menor desarrollo de los pliegues epidérmicos del cuello, menor desarrollo de las escamas espinadas caudales, menor número de escamas en contacto con la escama mental y escamas superciliares superpuestas; pero comparten caracteres de este grupo tales como la escama subocular fragmentada y más de dos hileras de escamas lorilabiales entre la subocular y las supralabiales. Respecto del grupo “*patagonicus*” comparten el similar tamaño corporal, poseer las escamas superciliares imbricadas superpuestas, el menor desarrollo de los pliegues epidérmicos (“tufts”) y de las escamas espinosas caudales; pero se diferencian por no tener una única escama subocular no fragmentada, 1-2 hileras de escamas lorilabiales y cuatro escamas en contacto con la mental.

*Phymaturus desuetus* se distingue de las especies vecinas del grupo por su menor tamaño y esbeltez, peculiar coloración dorsal en bandas claras y oscuras con un intenso marmorado de

pequeñas manchitas negras irregulares que en forma tenue también se presentan en la región gular. Además, presenta un mayor número de escamas, en el dorso de la cabeza, alrededor de la mitad del cuerpo, ventrales y en contacto con la escama mental. Mientras que comparte con la especie simpátrica y las vecinas geográficas, caracteres tales como la escama subocular fragmentada en tres partes y dos hileras de escamas lorilabiales entre la subocular y las supralabiales, similar número de escamas: supralabiales, infralabiales y lamelas digitales en el cuarto dedo de mano y del pie.

*Phymaturus desuetus* se distingue de la especie simpátrica *P. spectabilis*, porque esta especie muestra un particular patrón de diseño dorsal de fondo negro con dos bandas paravertebrales de manchas oceladas amarillas, con centro negro y un intenso variegado de manchas negras en flancos, dorso de cola y extremidades, color ventral rojo ladrillo con salpicado irregular de manchitas negras, mayor tamaño corporal y menor número de escamas suboculares, alrededor del cuerpo y ventrales.

*Phymaturus desuetus* se diferencia de *P. spurcus* porque esta especie posee un color dorsal pardo oscuro uniforme sin manchas, color ventral amarillento-anaranjado sin maculas, cola anillada, mayor tamaño corporal, mayor fragmentación de la escama subocular y menor número de escamas ventrales y alrededor de mitad del cuerpo.

La nueva especie *P. desuetus* se diferencia de *P. agilis* porque esta especie presenta un color dorsal de fondo pardo rojizo con patrón doble de estrías paravertebrales oscuras, color ventral rojo ladrillo intenso con flancos marmorados negros, mayor tamaño corporal y

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

fragmentación de la subocular y menor número de escamas ventrales y alrededor de mitad del cuerpo.

En comparación con *P. excelsus* se distingue porque esta especie tiene un diseño dorsal de coloración con fondo negro de dos bandas de manchas oceladas interconectadas con manchitas alargadas de color amarillo, color ventral rojizo y menor número de escamas ventrales, alrededor de mitad del cuerpo y en contacto con la mental.

En resumen, y a la espera de próximas recolecciones de tan peculiar lagarto, se puede concluir la presente propuesta, poniendo énfasis sobre las posibles derivaciones del descubrimiento para las investigaciones cariológicas y moleculares en curso, en el género *Phymaturus*, importantes para un mejor planteo filético-evolutivo de su distribución actual.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores dejan expreso su agradecimiento a R. Lech, A. Marcus, C. González, M. Bremz, G. Scolaro, N. Scolaro y F. Tavera por su valiosa colaboración en las tareas de campo. Asimismo a J. Williams por permitir el análisis de especímenes del Museo de Ciencias Naturales de La Plata y a M. Cabrera (Universidad Nacional de Córdoba) por su valiosa colaboración. A F. Videla por su inestimable revisión del manuscrito contribuyendo al mejoramiento de su versión inicial. Los autores manifiestan que han observado y seguido todas las regulaciones éticas y normas establecidas para la captura y tratamiento de los animales, bajo autorización escrita de la Dirección Provincial de Fauna de la Provincia de Río Negro, a quienes agradecen en forma particular. Este trabajo fue parcialmente financiado por la

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco PI 594, la Universidad Nacional del Comahue (04B129) y CONICET (PIP5625).

#### BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **14(1-2)**: 1-42.
- Cei, J.M. 1980. New endemic iguanid lizards from the Famatina mountains of Western Argentina. *Journal of Herpetology*, **14**: 57-64.
- Cei, J.M. 1986. Reptiles del centro, centro-oeste y sur de la Argentina: Herpetofauna de las zonas áridas y semiáridas. Museo regionale di Scienze Naturali Torino, Torino, Italy, Monografie, **4**, 528 pp.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina: Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas. Museo regionale di Scienze Naturali Torino, Torino, Italy, Monografie **14**: 947 pp.
- Cei, J.M. & Castro, L.P. 1973. Taxonomic and serological researches on the *Phymaturus patagonicus* complex. *Journal of Herpetology*, **7**: 237-247.
- Cei, J.M., Etheridge, R. & Videla, F. 1983. Especies nuevas de iguanidos del noroeste de la provincia de San Juan (Reserva Provincial San Guillermo), Argentina. *Deserta*, **7**: 316-323.
- Cei, J.M. & Scolaro, J.A. 2006. The neotype of the type species of the neotropical iguanian genus *Phymaturus*: a critical commentary on a recent opinion of the International Commission on

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

- Zoological Nomenclature. *Zootaxa*, **1297**: 17–22.
- Cei, J.M. & Videla, F. 2003. A new *Phymaturus* species from volcanic cordilleran mountains of the south-western Mendoza province, Argentina (Liolaemidae, Iguania, Lacertilia, Reptilia). *Bollettino del Museo regionale di Scienze Naturali di Torino*, **20(2)**: 291–314.
- Chebez, J.C., Rey, N.R. & Williams, J.D. 2005. Reptiles de los Parques Nacionales de la Argentina. Monografía L.O.L.A., Buenos Aires, Argentina, 76 pp.
- Coira, B.L. 1979. Descripción geológica de la Hoja 40d Ingeniero Jacobacci, Provincia de Río Negro. Carta Geológico-económica de la República Argentina. *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, **168**: 1–101.
- Donoso Barros, R. 1966. Reptiles de Chile. Universidad de Chile, Santiago, 458 pp.
- Etheridge, R. 1995. Redescription of *Ctenoblepharys adspersa* Tschudi, 1845, and the taxonomy of Liolaeminae (Reptilia: Squamata: Tropicoduridae). *American Museum Novitates*, **3142**: 1–34.
- Ibargüengoytía, N.R. 2005. Field selected body temperature and thermal tolerance of the syntopic lizards *Phymaturus patagonicus* and *Liolaemus elongatus* (Iguania: Liolaemidae). *Journal of Arid Environments*, **62**: 73–86.
- ICZN 2005. Opinion 2118 (Case 3225). *Phymaturus* Gravenhorst 1837 and *Lacerta palluma* Molina 1782 (currently *Phymaturus palluma*: Reptilia, Sauria): usage of the names Conserved by the designation of a neotype for *Lacerta palluma* Molina, 1782. *Bulletin of Zoological Nomenclature* **62(2)**: 116–117.
- Koslowsky, J. 1898. Enumeración sistemática y distribución geográfica de los Reptiles argentinos. *Revista del Museo de La Plata*, **8**: 161–200.
- Lobo, F. & Abdala, C. 2007. Descripción de una nueva especie de *Phymaturus* del grupo de *P. palluma* de la Provincia de Mendoza, Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, **21**: 103–113.
- Lobo, F. & Quinteros, S. 2005a. Taxonomic studies of the genus *Phymaturus* (Iguania: Liolaemidae): Redescription of *Phymaturus patagonicus* Koslowsky 1898, and Revalidation and Redescription of *Phymaturus spurcus* Barbour 1921. *Journal of Herpetology*, **39(4)**: 533–540.
- Lobo, F. & Quinteros, S. 2005b. A morphology-based phylogeny of *Phymaturus* (Iguania: Liolaemidae) with the description of four new species from Argentina. *Papeis Avulsos de Zoologia*, **45(13)**: 143–177.
- Molina, G.I. 1782. Saggio sulla storia naturale del Chili. Nella Stamperia di S. Tomaso d'Aquino, Bologne, Italia, 367 pp.
- Pereyra, E.A. 1985. Nuevo iguánido del género *Phymaturus* del noroeste argentino. *Boletín de la Asociación Herpetológica Argentina*, **2**: 3–4.
- Peters, J.A. & Donoso Barros, R. 1970. Catalogue of the Neotropical Squamata: Part II. Lizards and Amphisbaenians. *Bulletin of United States National Museum*, **297**: 1–293.

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

- Pincheira-Donoso, D. 2004. Una nueva especie del género *Phymaturus* (Iguania: Tropiduridae: Liolaemini) del centro-sur de Chile. *Multequina*, **13**: 57–70.
- Pincheira-Donoso, D., Scolaro, J.A. & Sura, P. 2008. A monographic catalogue on the systematics and phylogeny of the South American iguanian lizard family Liolaemidae. (Squamata, Iguania). *Zootaxa*, **1800**: 1-85.
- Scolaro, J.A. 2005. Reptiles Patagónicos: Sur. Una Guía de Campo. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Trelew, Argentina, 80 pp.
- Scolaro, J.A. 2006. Reptiles Patagónicos: Norte. Una Guía de Campo. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, Argentina, 112 pp.
- Scolaro, J.A. & Cej, J.M. 2003. Una excepcional nueva especie de *Phymaturus* de la precordillera de Chubut, Argentina (Liolaemidae, Iguania, Lacertilia, Reptilia). *FACENA*, **19**: 107–112.
- Scolaro, J.A. & Ibarquengoytía, N.R. 2007. A new species of *Phymaturus* from rocky outcrops in the central steppe of Río Negro province, Patagonia Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae). *Zootaxa*, **1524**: 47–55.
- Scolaro, J.A. & Ibarquengoytía, N.R. 2008. A new fragment for the understanding of the puzzling evolutive process of the *Phymaturus* genus: a new species of the *patagonicus* group from Patagonia, Argentina (Reptilia: Iguania: Liolaemidae). *Zootaxa*, **1939**: 38–50.
- Scolaro, J.A., Ibarquengoytía, N.R. & Pincheira-Donoso, D. 2008. When starvation challenges the tradition of niche conservatism: on a new species of the saxicolous genus *Phymaturus* from Patagonia Argentina with pseudoarbooreal foraging behaviour (Iguania, Liolaemidae). *Zootaxa* **1786**: 48–60.
- Scolaro, J.A., Tappari, F.O. & González, C. 2005. *Phymaturus calcogaster*: rectificación de la localidad Tipo y descripción de la hembra (Reptilia, Iguania, Liolaemidae). *FACENA*, **21**: 29–36.

#### **Especímenes examinados y localidades**

Los ejemplares examinados se mencionan a continuación. El número del ejemplar precedido por el acrónimo de la Colección donde está depositado corresponde a las Colecciones mencionadas en Material y Métodos:

***Phymaturus agilis***. Ruta Provincial 6, Km 24, Ingeniero Jacobacci, Río Negro: MLP.R. 5343-46; JAS-DC 1039-40, 1043-46, 1053, 1064-65, 1067-71, 1073, 1078, 1081, 1084-85, 1087-90, 1119; UNCo-PH 212, 202-08.

***Phymaturus calcogaster***. Laguna de las Vacas, Telsen, Chubut: MACN 38109 (Holotipo), MLP.R 5130-5135 (Paratipos); JAS-DC 797-804.

***Phymaturus ceii***. Río Negro, Chasicó, 1150 m snm, sur de la Meseta El Cuy: MLP.R 5289 (Holotipo), MLP.R 5290-93 (Paratipos); JAS-DC 1000, 1002-09, 1018-24, 1026-29, 1031.

***Phymaturus excelsus***. Ojos de Agua, Río Negro: JAS-DC 1127-1136.

***Phymaturus indistinctus***. Puerta del Diablo, Sarmiento, Chubut: JAS-DC 55, 399; Sierra de San Bernardo,

Scolaro J.A. & Tappari O. F.: Nueva especie de lagarto *Phymaturus*.

Sarmiento, Chubut: JAS-DC 55, 399, 838, 839, 1191-92, 1269; Las Pulgas, Sarmiento, Chubut: IBA 666-1, IBA-2, 3.

***Phymaturus manuelae***. Comallo, Río Negro: MLP.R. 5370 (Holotipo); MLP.R. 5371; UNCo-PH 201, 202 (Paratipos); JAS-DC 1100, 1101.

***Phymaturus nevadoi***. Agua de la India Muerta, Nevado, Mendoza: IBA R-0999 (1-3).

***Phymaturus patagonicus***. 40 km oeste de Dolavon, Chubut: IADIZA-CH 00080; IBA-R 0789; JMC-DC 335-336, 760, 842-845, 1300; JAS-DC 665-67, 813-20, 1094-96, 1124-26, 1160-64.

***Phymaturus payuniae***. Base del Volcán Payún, Mendoza: IBA 769-2 (4-8); Meseta del Payún, Volcán Payún, Mendoza: IADIZA-CH 00087-8, 00087-9; JMC-DC 99, 807, 808.

***Phymaturus somuncurensis***. Meseta de Somuncurá, Río Negro: MLP.S 908-909, 1645-1651; MACN 37431-37440, 36147-48; Laguna Raimundo, Meseta Somuncurá, Río Negro: JMC-DC 337-338, 832-833; Cerro Corona, Meseta

de Somuncurá, Río Negro: IADIZA-CH 00212 y 00254; JAS-DC 154, 211, 217-220, Laguna Blanca, Meseta de Somuncurá, R.Negro: JAS-DC 60, 609-614, 875-879, 883-884.

***Phymaturus spectabilis***. Ruta provincial 6, Km 24, Ing. Jacobacci, Río Negro: JAS-DC 1033-38, 1041-1042, 1047-52, 1054-59, 1061-63, 1066, 1072, 1074-77, 1079-80, 1082-1083, 1086, 1091.

***Phymaturus spurcus***. Estancia Huanuluán, Río Negro: JAS-DC 821-823, 825-831.

***Phymaturus tenebrosus***. Cerro Alto, Ruta 40, Río Negro: MACN 1271; JAS-DC 811, 824, 832-837, 1103.

***Phymaturus zapalensis***. Laguna Teru, Zapala, Neuquén: IBA-R 0590, 0861, 0792; JMC-DC 007, 008; Laguna Blanca, Zapala, Neuquén: MLP.S 1942; sur de Piedra del Águila, Neuquén: IBA-R 0866; laguna del Burro: MLP.S 2273; Laguna Blanca: UNCo-PH 38,104, 109-113.

**TESIS DE DOCTORADO DE DOCENTES E  
INVESTIGADORES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA  
PATAGONIA SAN JUAN BOSCO**

**2007-2009**

**NUEVAS ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DE BIODISEÑOS ENZIMÁTICOS.**

Miscoria Silvia Alejandra

Tesis para el grado de Doctor en Química realizada en el Departamento de Química. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco". Director: Dr. Gustavo Adolfo Rivas (UNC), Co-Director: Dr. Gustavo Daniel Barrera (UNPSJB). Fecha de Defensa: 18 de mayo de 2007. Número total de páginas de la tesis: 208.

Palabras claves: Biosensores. Enzimas. Electroquímica.

**Resumen**

Los biosensores son figuras clave del desarrollo de la Química Analítica en este nuevo siglo. La progresiva expansión de estos pequeños dispositivos promete las más variadas aplicaciones. La investigación sobre el tema implica la integración de la química, la física, la medicina, la informática y la biología molecular.

Un biosensor es fundamentalmente un sensor químico, que transforma información química en una señal eléctrica, una señal analíticamente útil. Los sensores químicos contienen generalmente dos componentes básicos, un sistema de reconocimiento químico molecular y un transductor fisicoquímico, para el caso de esta tesis, electroquímico. Además debe ser pequeño y fácilmente manejable, incluso pensado para la medida de analitos intracelulares.

El sistema de reconocimiento biológico debe inmovilizarse sobre la superficie de un transductor, que permita convertir la señal fisicoquímica que se

produce como consecuencia del proceso de reconocimiento biológico en una respuesta medible, para ser posteriormente amplificada, procesada y convertida a la forma deseada. Estos dispositivos contienen una sustancia biológica, ya sea una enzima, un anticuerpo, una proteína, hebras de ADN, un tejido, organelas, que permiten el reconocimiento de un dado analito. Los biosensores diseñados en este trabajo presentan enzimas como elementos de biorreconocimiento y transducción electroquímica. Una etapa clave en el desarrollo de los biosensores en general, es la inmovilización del bioelemento de reconocimiento correspondiente. En lo que se refiere a los enzimáticos, se evaluaron diversas metodologías de inmovilización de enzimas en transductores electroquímicos de modo que permitan la conservación de la mayor parte de sus propiedades biocatalíticas.

A lo largo de la investigación se estudiaron nuevas estrategias de inmovilización de enzimas oxidasas sobre transductores electroquímicos, por



deposición de polielectrolitos capa por capa, por incorporación en matrices poliméricas electrogeneradas y por incorporación en matrices metalizadas. Las enzimas estudiadas involucran sustratos de interés clínico, farmacológico, toxicológico y bromatológico. La caracterización de los bioelectrodos, así como la performance analítica fue efectuada empleando técnicas electroquímicas y no electroquímicas. En todos los casos se analizaron las condiciones de almacenamiento y estabilidad, selectividad y aplicabilidad a muestras reales.

#### **Biosensores enzimáticos obtenidos mediante atrapamiento de enzimas en electrodos compósitos de grafito metalizados**

Se describieron bioelectrodos preparados con glucosa oxidasa (GOx) y diferentes metales catalizadores de la oxidación y la reducción de peróxido de hidrógeno que ofrecen una detección amperométrica de glucosa a bajos potenciales. Combinando Ir con diferentes metales, tales como Ru, Cu y Pd, se obtuvieron importantes aumentos en las sensibilidades, como así también excelentes mejoras en las selectividades respecto a los bioelectrodos con uno sólo de los metales. La presencia de los pares de metales promueve un efecto sinérgico responsable de un notable mejoramiento en la *performance* de los mismos. El efecto catalítico lleva a un aumento sustancial en la sensibilidad de estos biosensores.

#### **Biosensores enzimáticos obtenidos mediante atrapamiento de enzimas empleando redes metálicas**

#### **electrogeneradas sobre carbono vítreo y screen printed**

Debido a la excelente respuesta obtenida en los biosensores diseñados con metales incorporados en pasta de carbono, se evaluó el diseño de bioelectrodos empleando carbono vítreo modificado por electrodeposición de Rh y posterior adsorción de la enzima glucosa.

Se estudió sistemáticamente el efecto de la electrodeposición de Rh y el efecto de la electrodeposición de glucosa oxidasa sobre carbono vítreo (GCE) rodinizado en la respuesta del biosensor. Un aspecto que resolver en el desarrollo de biosensores de glucosa basados en la determinación de la oxidación de peróxido de hidrógeno enzimáticamente generado es la interferencia de compuestos fácilmente oxidables presentes habitualmente en fluidos biológicos. Por tal motivo, para lograr la selectividad requerida, se empleó la electrogeneración *in situ* de una capa del polímero politiramina debido a sus propiedades permselectivas. A fin de encontrar el mejor compromiso entre selectividad y sensibilidad se evaluó la respuesta del electrodo en estudio en presencia de politiramina crecida bajo diferentes condiciones. Se estudió la influencia del número de ciclos, la velocidad de barrido y la concentración de tiramina durante la generación potenciodinámica de politiramina en la respuesta del biosensor. Las distintas etapas del diseño expuesto fueron acompañadas de un seguimiento por microscopía electrónica de barrido.

Una cuestión muy importante en el diseño de biosensores es la miniaturización de los mismos. Los electrodos de carbono del tipo *screen printed* demostraron ser muy útiles en este sentido. Sobre la base del diseño propuesto para carbono vítreo y pensando

en estos modernos dispositivos de películas gruesas de carbono, se creó una plataforma rodinizada sobre este tipo de electrodos. Para los bioelectrodos diseñados sobre superficies de carbono rodinizadas, se consiguió una excelente selectividad y un importante rango de medida lineal de concentración de glucosa. En resumen, los nuevos bioelectrodos combinan las ventajas del efecto catalítico del Rh frente al peróxido de hidrógeno con la eficiente barrera que provee la poltiramina. Las enormes posibilidades que ofrecen los dispositivos descartables tipo *screen printed* abren las puertas a nuevos diseños de biosensores enzimáticos para los requerimientos de los análisis bioquímicos actuales. Las plataformas descritas demostraron ser eficientes en la determinación de glucosa en muestras de suero sanguíneo humano y tener una excelente estabilidad a largo plazo, haciéndolas atractivas para su uso en la fabricación de sensores de glucosa para muestras reales.

#### **Biosensores enzimáticos obtenidos por autoensamblado de multicapas**

En este trabajo se emplearon por primera vez derivados de quitosano para la inmovilización de glucosa oxidasa y posterior diseño de biosensores para la detección de glucosa basados en la construcción de arquitecturas supramoleculares.

Se reportó el diseño y caracterización de biosensores de glucosa basados en el uso de derivados de quitosano para la inmovilización de glucosa oxidasa. Se usó un derivado de quitosano que presenta carga positiva a cualquier pH (quitosano cuaternario, CHIT), como así también quitosano hidrofóbico (HCHIT) cargado en forma positiva a pHs menores que 6. La

multiesructura supramolecular fue preparada por ensamblado del derivado de quitosano (CHIT o HCHIT) sobre una superficie de oro previamente derivatizada con la sal de sodio del 3-mercaptopropan-1-sulfónico (MPS). Se estudió la influencia del tiempo de deposición y la concentración de polielectrolitos, la organización y el número de capas y la naturaleza de derivados de quitosano en la sensibilidad y selectividad de los bioelectrodos resultantes. Se evaluó la *performance* analítica en relación a la cuantificación amperométrica de glucosa a partir de la señal rédox de peróxido de hidrógeno o de mediador rédox, ferroceno metanol.

Se estudiaron los efectos del tiempo de adsorción y la concentración de quitosano cuaternario, del tiempo de adsorción y la concentración de la glucosa oxidada en la etapa de deposición y del número de bicapas en la respuesta del biosensor. Se estudiaron los parámetros analíticos y la naturaleza del derivado de quitosano en la respuesta del biosensor. Se obtuvieron biosensores amperométricos muy estables, sensibles y selectivos por autoensamblado de derivados del quitosano como policación, Nafion® como barrera anti-interferente y glucosa oxidasa como capa biocatalítica.

Los estudios electroquímicos basados tanto en la oxidación de peróxido de hidrógeno como en la reducción de ferrocenio metanol y los espectrofotométricos demostraron que el sistema de multicapas quitosano/GOx es estable hasta la décima bicapa, independientemente de la naturaleza del quitosano. Con el objetivo de estudiar las características de las multicapas resultantes del autoensamblado de CHIT y GOx sobre oro modificado con MPS, se realizaron determinaciones elipsométricas

y con balanza de cristal de cuarzo, con lo cual se demostró que se trata de una película gruesa y altamente hidratada. De esta forma, se pudo concluir que el diseño racional de la arquitectura supramolecular, en cuanto a la cantidad de enzima, naturaleza del polícatión y arreglo del sistema de multicapas, representa una alternativa muy interesante para regular las propiedades analíticas del biosensor resultante.

#### **Biosensores enzimáticos obtenidos mediante el empleo de materiales nanoestructurados**

Los nanomateriales del tipo de nanotubos de carbono y nanopartículas, tienen dimensiones similares a algunas macromoléculas tales como enzimas, antígenos, anticuerpos o ADN. La integración de estos elementos deviene en nuevos materiales híbridos llamados nanobiomateriales con propiedades y funciones altamente sinérgicas, lo que ha determinado el surgimiento de una nueva área de trabajo denominada bionanotecnología. El progreso en el tema se basa en el diseño y caracterización de estos nanomateriales y en la búsqueda de nuevas estrategias para la inmovilización de macromoléculas sobre las nanoestructuras.

En esta parte de la tesis se estudiaron los siguientes aspectos:

- Diseño de biosensores enzimáticos basados en el uso de nanotubos de carbono
- Diseño de biosensores para neurotransmisores basados en el uso de nanotubos de carbono
- Diseño de biosensores enzimáticos basados en el uso de nanopartículas de oro

En el primer caso se utilizó quitosano cuaternizado como polícatión y glucosa oxidasa como elemento de bioconocimiento modelo en el diseño de una supraestructura. En este desarrollo, el Nafion<sup>®</sup> desempeñó un papel relevante no sólo en la dispersión de los nanotubos de carbono (CNT) sino también como film precursor del autoensamblado y como barrera anti-interferente. Los electrodos de carbono vítreo fueron modificados fabricando supraestructuras por autoensamblado capa por capa mediante inmersiones alternadas de los polielectrolitos. Para el esquema más simple, GCE/(CNT/Naf)/(CHIT/GOx)<sub>n</sub>, la interferencia de compuestos fácilmente oxidables como el ácido ascórbico y el ácido úrico decreció a medida que aumentaba el número de bicapas adsorbidas debido a un aumento en la sensibilidad del mismo frente a la presencia de glucosa. Por ejemplo, la interferencia para ácido ascórbico 1,0 x 10<sup>-4</sup> M frente a glucosa 5,0 mM decreció desde 389 % hasta 27 % para electrodos formados por 1 y 5 bicapas, respectivamente. Aunque la disminución en sensibilidad es importante, esos valores todavía son inaceptables para el uso del biosensor con fines prácticos. Para el caso del electrodo diseñado con la capa intermedia de Nafion<sup>®</sup>, GCE/(CNT/Naf)/Naf/(CHIT/GOx), la interferencia del ácido ascórbico cayó a 12 %, diferencia extraordinaria y prueba una de la necesidad del agregado de una capa de Nafion<sup>®</sup> sin nanotubos entre las capas electrocatalíticas y biocatalíticas. Con una segunda bicapa CHIT/GOx se logró minimizar aún más la interferencia de los dos compuestos estudiados.

La potencialidad de la nueva plataforma fue evaluada usando otras biomoléculas. En este caso, la elegida fue

la enzima polifenol oxidasa (PPO), la cual interviene, en presencia de oxígeno, en la oxidación de fenoles y catecoles a las correspondientes quinonas. A tal fin, se inmovilizaron los nanotubos de carbono a partir de dispersiones en Nafion<sup>®</sup>, sin la capa de Nafion<sup>®</sup> antes de la multiestructura seguido de la deposición alternada de CHIT y PPO.

Las catecolaminas, (dopamina, adrenalina y noradrenalina), constituyen un grupo de analitos atractivo desde el punto de vista de su cuantificación en el sistema nervioso debido a que están relacionadas con enfermedades del sistema nervioso, tanto central (trastornos de conducta, mal de Parkinson) como periférico (control cardíaco y renal, motilidad gastrointestinal). A pH mayor que 6, la dopamina se oxida a dopaminoquinona que, a través de reacciones químicas acopladas, se transforma en dopacromos. Su oxidación puede evaluarse por métodos electroquímicos. Debido a ello se estudió el diseño de biosensores por multiensamblado de nanotubos de carbono y Nafion<sup>®</sup> para la cuantificación de dopamina en muestras biológicas a bajos niveles. Dado que el ácido ascórbico se encuentra presente en centros dopaminérgicos, es muy importante la detección de dopamina aún en presencia de este interferente.

Un tercer bioelectrodo para detectar L-aminoácidos se fabricó con el mismo protocolo que el electrodo anterior reemplazando PPO por L-amino oxidasa (L-AAOx). Se presentó un nuevo diseño de bioelectrodos con nanotubos de carbono de pared múltiple, sin necesidad de activación y/o derivatización previa de los nanotubos, basados en la modificación de carbono vítreo con una dispersión de CNT en Nafion<sup>®</sup>. La capa de CNT/Naf

posibilitó el autoensamblado de polielectrolitos como una nueva plataforma para la formación de arquitecturas supramoleculares sin la necesidad de entrecruzamiento con glutaraldehído.

El autoensamblado de GOx, PPO y L-AAOx sobre la película de Nafion<sup>®</sup> conteniendo los CNTs permitió una detección altamente sensible de glucosa, fenoles y catecoles, y aminoácidos, respectivamente. Otra importante ventaja de la modificación de GCE con sucesivas capas de Nafion<sup>®</sup> y CNTs es la cuantificación de dopamina a niveles submicromolares. De este modo, el empleo de CNT/Naf como película precursora en GCE/(CNT/Naf) representa una alternativa muy promisoría para el diseño de nuevas plataformas de biorreconocimiento basadas no sólo en el uso de enzimas, sino también de otras biomoléculas.

#### **Biosensores enzimáticos obtenidos empleando nanopartículas de oro coloidal**

Otro aspecto importante considerado fué el estudio de las ventajas en la incorporación de nanopartículas de oro en electrodos compósito de pasta de carbono en la respuesta electroquímica de diversos compuestos. Se discutieron las aplicaciones analíticas de estos electrodos modificados para el desarrollo de biosensores mediante la incorporación; por ejemplo, de polifenol oxidasa. Como era de esperar, la respuesta de peróxido de hidrógeno sobre CPE a 0,700 V fué muy pobre. En presencia de oro, debido al efecto electrocatalítico del metal, la respuesta aumentó drásticamente. La dispersión de las nanopartículas de oro en pastas de grafito conteniendo diversas proteínas resultó ser muy eficiente

permitiendo un notable mejoramiento en la respuesta frente a diferentes compuestos merced a las propiedades de electrocatálisis de las mismas. La incorporación de PPO en el compósito permitió obtener una respuesta para catecoles altamente sensible, lo que habilita este material para nuevos diseños. Por lo tanto, las atractivas propiedades de la pasta de carbono modificada con la presencia de nanopartículas y diversas macromoléculas, hacen de ella un promisorio material para el desarrollo de nuevos bioelectrodos.

### **Conclusiones**

En este trabajo de tesis se presentaron diferentes estrategias para el diseño de biosensores enzimáticos electroquímicos dirigidos a la cuantificación de diversos analitos de interés clínico.

- La combinación de los efectos electrocatalíticos de los metales seleccionados hacia la oxidación y reducción de peróxido de hidrógeno y los biocatalíticos de glucosa oxidasa hacia glucosa permitió obtener biosensores altamente sensibles y selectivos para la cuantificación de glucosa merced al sinergismo entre los centros metálicos en ausencia de mediadores rédox y/o membranas permselectivas.
- El íntimo contacto entre el sitio activo de GOx y el centro metálico en superficies de carbono vítreo o "screen printed" rodinizados, asociado al uso de politiramina como membrana antiinterferente, posibilitó la obtención de plataformas de biorreconocimiento/transducción

altamente efectivas. De este modo, se pudo determinar glucosa aún en presencia de un gran exceso de ácido ascórbico, ácido úrico y acetaminofeno, posibilitando una excelente performance de los biosensores resultantes ante muestras de suero sanguíneo humano con excelente acuerdo con muy buen acuerdo con los valores informados por detección espectrofotométrica convencional.

- En la construcción de biosensores de glucosa basados en la inmovilización de GOx y derivados de quitosano mediante autoensamblado capa por capa sobre oro derivatizado con residuos tiol, se puso de manifiesto la importancia de la naturaleza de los polielectrolitos empleados en la performance del sensor resultante. En este trabajo se usaron por primera vez dos derivados del quitosano para el autoensamblado de GOx, que demostraron excelente compatibilidad con biomoléculas, proveyendo a la enzima del microentorno adecuado para que pueda cumplir su acción biocatalítica de un modo altamente eficiente.
- Otra exitosa alternativa para la obtención de (bio)sensores electroquímicos, fue el empleo de nanotubos de carbono y nanopartículas de oro. Se propuso el empleo de Nafio<sup>®</sup> no solamente como agente dispersante de los nanotubos de carbono de pared múltiple, tal que permita su inmovilización en carbono vítreo, sino también como "elemento" precursor para la posterior inmovilización de enzimas merced

a sus características de polielectrolito y como barrera antiinterferente por sus propiedades permselectivas. Esta nueva estrategia permitió una muy eficiente inmovilización de GOx y abrió las puertas a otros diseños de (bio)sensores. En efecto, también se inmovilizó polifenol oxidasa y L-aminoácido oxidasa, permitiendo así el desarrollo de biosensores para la detección altamente sensible de fenoles, catecoles y L-aminoácidos.

- La eficiente dispersión de nanopartículas de oro en compósitos de grafito en presencia

de proteínas permitió un notable mejoramiento en la actividad electrocatalítica del material resultante hacia diferentes compuestos. La incorporación de polifenol oxidasa en el compósito permitió una determinación de catecoles rápida, sensible y selectiva. La combinación de las ventajas de los materiales compósito y las propiedades únicas de las nanopartículas de oro coloidal hacen de los electrodos resultantes un material muy promisorio para el desarrollo de diferentes biosensores basados en la inmovilización de biomoléculas..

**Publicaciones de artículos en revistas científicas con referato derivadas de la tesis:**

- S. Miscoria, G. Barrera and G. Rivas, 2002. Analytical performance of a glucose biosensor prepared by immobilization of glucose oxidase and different metals in a carbon paste electrode. *Electroanalysis*, **14**, 981-987. Resumen publicado en *Platinum Metals Review*. **47**, Number 1. January 2003.
- S. Miscoria, G. Barrera and G. Rivas, 2005. Carbon paste electrodes modified with gold nanoparticles and proteins. Analytical applications for the development of enzymatic biosensors *Electroanalysis*, **17**, 1578-1582
- S. Miscoria, G. Barrera and G. Rivas. 2006. Glucose biosensors based on the immobilization of glucose oxidase and polytyramine on rodinized glassy carbon and screen printed electrodes. *Sensors and Actuator B*, **115**, 205–211
- G. Rivas, S. Miscoria, J. Desbrieres and G. Barrera. 2007. New biosensing platforms based on the layer-by-layer self-assembling of polyelectrolytes on Nafion/carbon nanotubes-coated glassy carbon electrodes". *Talanta*, **71**, 270-275.
- S. Miscoria, J. Desbrieres, G. Barrera, P. Labbé and G. Rivas. 2006, Glucose biosensor based on the layer-by-layer self-assembling of glucose oxidase and chitosan derivatives on a thiolated gold surface. *Analytica Chimica Acta*, **578**, 2, 137-144.
- G. A. Rivas, M. D. Rubianes, M. L. Pedano, N. F. Ferreyra, G. L. Luque, M. C. Rodriguez and S. A. Miscoria. 2007, Carbon Nanotubes Paste Electrodes. A New Alternative for the Development of Electrochemical Sensors. *Electroanalysis*, **19**, 823 – 831.

Miscoria Silvia Alejandra: Resumen de Tesis

G. Rivas, S. Miscoria, J. Desbrieres and G. Barrera. 2007, New biosensing platforms based on the layer-by-layer self-assembling of polyelectrolytes on Nafion/carbon nanotubes-coated glassy carbon electrodes. *Talanta*, **71**, 270-275.

Gustavo A. Rivas, María D. Rubianes, Marcela C. Rodríguez, Nancy F. Ferreyra, Guillermina L. Luque, María L. Pedano, Silvia A. Miscoria, 2007, Concepción Parrado. Carbon nanotubes for electrochemical biosensing. *Talanta*, **74**, 291–307.

## CARACTERIZACIÓN DE SUSTANCIAS HÚMICAS EN AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES CHUBUTENSES.

Scapini María Del Carmen

Tesis para el grado de Doctor en Química realizada en el Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales, sede Trelew, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Director: Dr. Victor H. Conzonno, Co-Director: Dra. Alicia Fernández Cirelli, Consejera De Estudios: Dra Vilma T. Balzaretto. Fecha de Defensa: 12 de septiembre de 2008. Número total de páginas de la tesis: 189

Palabras claves: ácido fúlvico, caracterización estructural, relaciones limnológicas, origen, Río Chubut, Bahía Engaño.

### Resumen

El presente trabajo involucra el estudio de las Sustancias Húmicas (SH), fracción de la materia orgánica disuelta (MOD) refractaria a la descomposición biológica, en tres ambientes acuáticos patagónicos: el Embalse Florentino Ameghino, el tramo inferior del Río Chubut, y la zona costera de Bahía Engaño.

El análisis se focalizó en las SH por ser la fracción mayoritaria de la MOD con trascendentes efectos medioambientales: interaccionan con compuestos orgánicos e inorgánicos influyendo en la biodisponibilidad de micronutrientes y en el transporte de contaminantes, afectan el crecimiento de algas y bacterias, generan compuestos tóxicos durante la potabilización. Estas propiedades dependen de sus estructuras que son altamente variables (Hessen y Tranvik, 1998).

Las SH, en los ambientes acuáticos citados, fueron investigadas con el

objetivo de obtener una primera aproximación a sus estructuras, origen, comportamiento medioambiental y distribución espacial y temporal e iniciar estudios sobre SH marinas en nuestro país.

La estrategia de abordaje transitó por dos vías: la del estudio limnológico y la de su caracterización estructural. La primera fue llevada a cabo por medio de campañas sistemáticas, cubriendo, por dos años consecutivos, las distintas estaciones climáticas; campañas específicas y experimentos de simulación, para analizar aspectos particularizados como su comportamiento conservativo. La caracterización estructural implicó la extracción y purificación de las SH mediante resinas hidrofóbicas XAD (Mantoura y Riley, 1975), y la aplicación de un múltiple método (Abbt-Braun y col., 2004) que abarcó análisis por precipitación, composición elemental, FTIR, RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ , espectroscopía de

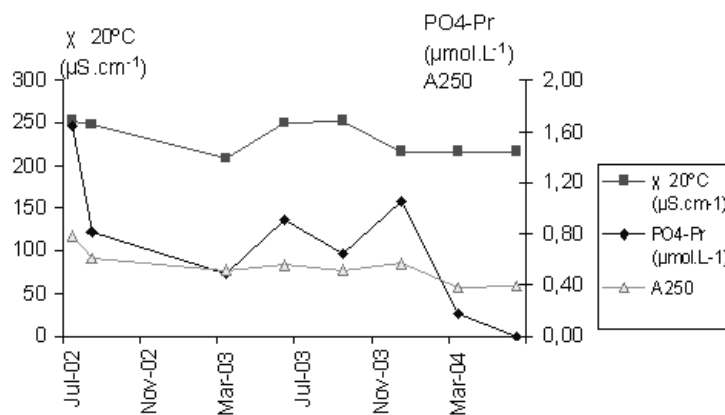


absorción UV-visible y de fluorescencia y espectroscopía de masa por electrospray.

Se encontró que las SH en las aguas del tramo inferior del Río Chubut están en muy bajas concentraciones presentando homogeneidad espacial, no así temporal al igual que el resto de los parámetros limnológicos relevados, salvo los relacionados con los sólidos suspendidos y disueltos que aumentan hacia la desembocadura, producto de la incorporación de material a partir de la erosión del suelo. Se concluyó que los procesos desarrollados en las aguas son dominados y generados por los producidos en el embalse. En éste, la variación temporal de las SH mostró presencia de SH autóctonas, generadas en el agua a partir de la degradación del fitoplancton, y cierta contribución de alóctonas, generadas en el área de drenaje a partir de la degradación de las plantas vasculares. Debido a que estas

dos componentes no tienen la misma distribución temporal, la variación total, indicada por la absorbancia a 250 nm ( $A_{250}$ ) es atenuada por sus variaciones en sentido contrario. La Fig 1 permite comparar la variación de  $A_{250}$ , parámetro indicador de las SH, con la del fósforo reactivo, indicador de aportes biológicos, y con la de la conductividad específica, indicadora de aportes alóctonos. Se interpretó, que en las aguas del sistema léntico, los pigmentos constituyen la fuente de materia orgánica particulada presente, siendo la generación de feofitina un primer paso en su descomposición; ésta genera la MOD que es enriquecida por la proveniente de la descomposición de los productos metabólicos o de autólisis de la propia biomasa algal con los cuales se recombina; proceso que finalmente conduce a la generación autóctona de SH en el embalse.

**Figura 1:** Variación temporal de la  $A_{250}$ , la conductividad específica a 20°C y el fósforo reactivo en el Embalse Florentino Ameghino.

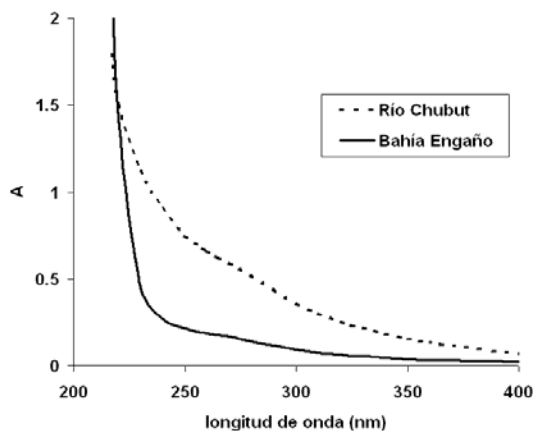


La caracterización estructural indicó que, de las dos fracciones que pueden componer las SH, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (operacionalmente definidas por sus diferencias de solubilidad según el pH), en el Río Chubut, predomina la última. Este AF tiene una estructura altamente alifática indicadora de un origen autóctono, con aromaticidad y forma de espectro UV que evidencian cierta contribución de AF alóctono (Fig 2). Esto convalidó, los resultados del estudio limnológico en cuanto a la presencia de las dos componentes mencionadas anteriormente, con predominio de las de origen autóctono. Estos AF son conservativos a lo largo del Río Chubut y de su estuario donde se ven sometidos a un efecto de dilución sin poderse comprobar la presencia de algún otro mecanismo que les afecte. La Fig. 3 muestra los resultados de la simulación en laboratorio según Sholkovitz (1976), de las condiciones del estuario del Río Chubut y se puede ver que las  $A_{250}$  de mezclas de

agua de mar (natural o sintética) y agua de río, varían con la salinidad dando una recta (típico comportamiento conservativo) coincidente con la del balance de masas, con una mayor pendiente en el agua de mar sintética debido a la ausencia de SH marinas.

El análisis de las SH aisladas y purificadas de las aguas costeras marinas de Bahía Engaño usando el mismo método, indicó que también están constituidas por AF similar al del río. Se encontraron similitudes en sus propiedades fluorescentes (Fig. 4): ambos tienen un máximo de sus matrices de excitación/emisión coincidentes con el llamado pico A en la literatura (Coble 1996) aunque no son idénticos al estar, el marino, levemente corrido hacia mayores longitudes de onda de excitación; también el AF del río fluoresce más que el marino. Sus rendimientos cuánticos indicaron que ambos poseen baja cantidad de grupos fluoróforos junto a grupos cromóforos que absorben sin fluorescer.

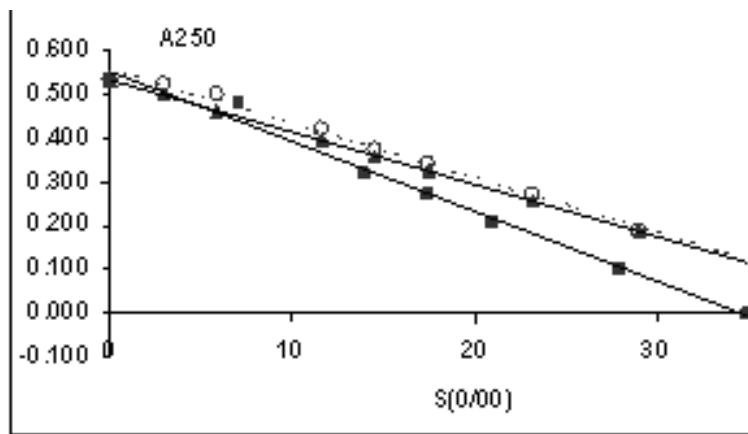
**Figura 2:** Espectro UV



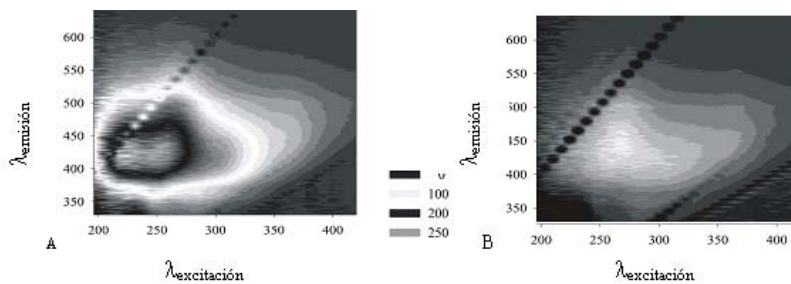
También su estructura (Fig. 5) es más alifática, menos ácida, y con grupos funcionales nitrogenados que reflejan compuestos de tipo proteicos. Las

similitudes encontradas con el AF del Río Chubut corroboraron que el principal origen de este último es autóctono.

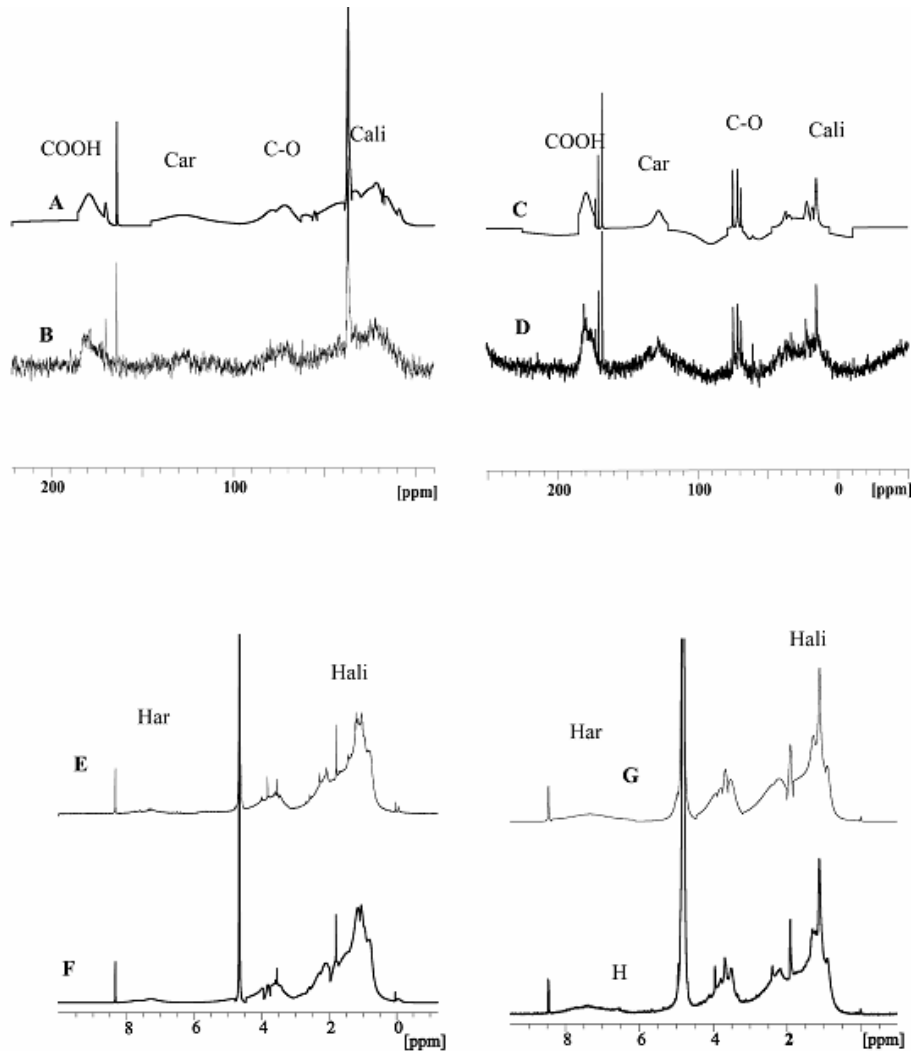
**Figura 3:** Efecto de la Salinidad sobre las SH del Río Chubut



**Figura 4:** Superficies de contorno de Matrices de fluorescencia: A) Río Chubut, B) Bahía Engaño



**Figura 5:** Espectros de RMN, de  $^{13}\text{C}$  de AF de A) Bahía Engaño, C) Río Chubut, y sus deconvoluciones B) Bahía Engaño, D) Río Chubut. Protónicos de E) Bahía Engaño, G) Río Chubut y sus deconvoluciones F) Bahía Engaño, H) Río Chubut (ali: alifático; ar: aromático)



## BIBLIOGRAFÍA

- Abbt-Braun, G., Lankes, U., Frimmel, F.H., 2004. Structural characterization of aquatic humic substances-The need for a multiple method approach. *Aquatic Sciences* 66, 151-170.
- Coble, P.G., 1996. Characterization of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission matrix spectroscopy. *Marine Chemistry* 51, 325-346.
- Hessen, D.O., Tranvik, L.J., 1998. *Aquatic Humic Substances: Ecology and Biogeochemistry*. Ecological Studies 133. Springer-Verlag. Berlin
- Mantoura, R.F.C., Riley J.P., 1975. The analytical concentration of humic substances from natural waters. *Analytica Chimica Acta* 76, 97-106.
- Sholkovitz E. R., 1976. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and seawater. *Geochimica. et Cosmochimica Acta*, 40. 831-845

La presente tesis dio lugar a las siguientes publicaciones:

### Capítulo de libro:

- Scapini, M.C., Conzonno, V., Balzaret, V., Fernández Cirelli, A., 2008. Propiedades Ópticas del Acido Fúlvico del Río Chubut. En Galantini, J. (Ed.): Estudio de las

Fraciones Orgánicas en Suelos de la Argentina. Edium. ISBN 978-987-655-009-3, Bahía Blanca, Argentina, 233-246.

### Publicaciones

- Scapini MC , Conzonno, V.H., Balzaret, V.T., Fernández Cirelli, A., 2009. Comparison of marine and river water humic substances in a Patagonian environment (Argentina), *Aquatic Sciences*, ISSN 1015-1621 (en prensa).
- Scapini, M.C., 2005. *Materia Orgánica en Aguas Patagónicas*. Anales de las Jornadas Nacionales "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas del Suelo, Conocimiento Productividad y Ambiente", 23 páginas. CD-ROM. ISBN 987-21419-2-4, International Humic Substances Society Argentina Chapter, Bahía Blanca, Argentina
- Scapini M.C, Conzonno V., Balzaret V., Fernández Cirelli A. 2004. Structural Aspects Of Aquatic Humic Substances In A Patagonic River in "Humic Substances and Soil and Water Environment" Editors: IHSS, Martin Neto L. et al. Proceedings XII International Meeting of International Humic Substances Society. ISBN 85-86463-12-4, San Pablo, Brazil, pp 365-367..

**Naturalia patagónica**, 5(1): 108-111 (2009)

**RELACIÓN ENTRE EL METABOLISMO DE LÍPIDOS Y LA ADAPTACIÓN A LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES Y A CONDICIONES AMBIENTALES EN BACTERIAS AUTÓCTONAS**

Silva Roxana A.

Tesis para el grado de Doctor en Bioquímica realizada en el Departamento de Bioquímica y en el Centro Regional de Investigación y Desarrollo Científico-Tecnológico (CRIDECIT), Facultad de Ciencias Naturales, UNPSJB., mediante una Beca Interna de Postgrado Tipo II, CONICET (2006 - 2008); y presentada en la Facultad de Ciencias Naturales, UNPSJB. Director: Dr. Héctor M. Alvarez (CRIDECIT - UNPSJB). Defensa: 29 de Abril de 2009. Número total de páginas de la tesis: 190.

Palabras claves: *Rhodococcus*, actinomycetes, triacilglicéridos, ceras isoprenoides, déficit de nitrógeno, naftaleno, fitano.

**Resumen**

En el presente trabajo de tesis se proyectó el aislamiento y selección de alguna cepa bacteriana autóctona perteneciente al grupo de los actinomycetes (los cuales se recuperan frecuentemente de suelos de la Patagonia, y presentan amplias capacidades para la degradación y transformación de diversos contaminantes), con potencial para ser utilizada en procesos de biorremediación en la región o en algún otro proceso biotecnológico. Asimismo, se intentó caracterizar este microorganismo en cuanto a su metabolismo y fisiología en relación a la degradación de hidrocarburos, producción de lípidos de reserva (los cuales podrían favorecer una mejor adaptación a las fluctuaciones de las condiciones ambientales) y otros

aspectos de su fisiología que podrían determinar sus respuestas frente a algunos factores ambientales que restringen el crecimiento de las células en el ambiente.

En este trabajo se aislaron 306 bacterias autóctonas, no formadoras de esporas, de la zona de Comodoro Rivadavia, Chubut, Patagonia. Se utilizaron nueve metodologías diferentes para el aislamiento de cepas, de las cuales, la siembra de partículas de suelo en un medio mínimo con *n*-hexadecano como fuente de carbono resultó ser efectiva para la recuperación de actinomycetes no esporulados. El 50% de los microorganismos aislados (154), fueron capaces de acumular lípidos de reserva en su interior. De éstos microorganismos se seleccionaron siete cepas, las cuales fueron caracterizadas en cuanto a su identificación taxonómica,

y sus capacidades degradativas y de síntesis de lípidos neutros. Estas cepas pertenecieron a los géneros *Acinetobacter*, *Kokuria*, *Planococcus*, *Rhodococcus*, *Streptomyces* y *Gordonia*; presentaron un amplio perfil de degradación de compuestos y fueron capaces de sintetizar lípidos de reserva en su interior: algunas acumularon sólo polihidroxialcanoatos (PHA) o triacilglicéridos (TAG), en tanto que otras presentaron acumulación conjunta de éstos, o de TAG y ceras. Se seleccionó la cepa *Rhodococcus* sp. 602 para posteriores estudios debido a sus capacidades para la degradación de compuestos contaminantes y para la síntesis y acumulación de gran cantidad de TAG intracelulares.

Debido a que la caracterización de los lípidos acumulados en las cepas autóctonas se realizó mediante cromatografía en placa delgada (TLC) y cromatografía gaseosa (GC), los cuales demandaron excesivo tiempo, e insumos y equipamiento específico; se desarrolló un protocolo de tinción en placa mediante la aplicación del colorante lipofílico Oil Red O, el cual es utilizado para la tinción específica de TAG y ésteres de colesterol en eucariotas. El método de tinción desarrollado resultó ser efectivo para la diferenciación de aquellas cepas bacterianas con un contenido de TAG mayor a 25% del peso seco celular (PSC), de las que produjeron cantidades menores de TAG o las que acumularon solo ceras o PHA. Un factor limitante del método resultó ser la producción de colonias mucosas, probablemente debido a la síntesis de una sustancia polimérica extracelular, que dificultaría la tinción con el colorante de las células con un contenido de TAG mayor a 25% del PSC. La metodología de tinción desarrollada

resultó específica para TAG en bacterias; la misma es sencilla, económica, demanda poco tiempo y permite el análisis masivo de microorganismos.

Teniendo en cuenta la posible aplicación de la cepa 602 en tecnologías de remediación de suelos contaminados con hidrocarburos o de producción de compuestos de interés (ej. aceites bacterianos), se realizó una mejor caracterización de la misma. Este microorganismo resultó ser un bacilo pleomórfico Gram positivo, aerobio y no móvil. Estudios filogenéticos realizados con secuencias de los genes 16S ADNr y *gyrB* de esta cepa mostraron una estrecha relación taxonómica con la cepa *Rhodococcus jostii* RHA1. Esta bacteria fue psicrótrofa, halotolerante y alcalófila; la misma fue capaz de crecer con diferentes azúcares, sales u ácidos orgánicos, alcoholes o diferentes hidrocarburos puros o en mezclas; siendo capaz de mineralizar algunos de estos compuestos (en condiciones balanceadas de crecimiento) y/o transformarlos en TAG, incluso en condiciones restrictivas para el crecimiento como las existentes en nuestra región.

En condiciones similares a las existentes en nuestra zona (déficit de nutrientes, bajas temperaturas, salinidad por NaCl o por sulfatos, o pH elevado), *Rhodococcus* sp. 602 fue capaz de mantenerse activa metabólicamente, en un estadio no replicativo. En estas condiciones, esta cepa fue capaz de reaccionar ante una fuente de carbono externa, incorporando la misma y transformándola en TAG, mediante la redirección del flujo metabólico intracelular. En este contexto, se observó que la producción de TAG fue favorecida en cultivos con ausencia de la fuente de nitrógeno, en comparación a aquellos que

contenían un exceso de este nutriente: 67,94% y 22,32% (PSC), respectivamente.

En condiciones limitantes de nitrógeno, este microorganismo fue capaz de degradar hidrocarburos poliaromáticos como el naftaleno y el naftil-dodecanoato. Este tipo de compuestos forman parte de las fracciones del petróleo, constituyendo un gran porcentaje de los hidrocarburos presentes en suelos contaminados crónicamente. De acuerdo a estudios de TLC-latroskan, esta cepa sintetizó un 48,8% de TAG (en relación a los lípidos totales) a partir del cultivo en naftaleno, y un 7,4%, cuando el sustrato fue el naftil-dodecanoato. Mediante GC acoplada a espectrometría de masa (GC-MS) se estudió la composición de los ácidos grasos constituyentes de estos TAG: aquellos derivados del naftaleno presentaron una composición comparable a la observada previamente a partir de gluconato o *n*-hexadecano (C<sub>14</sub> a C<sub>18</sub>), en tanto que los provenientes del naftil-dodecanoato, presentaron longitudes de cadena menores, de C<sub>8</sub> a C<sub>12</sub>. Estos últimos derivaron probablemente de la  $\beta$ -oxidación del residuo dodecanoato y serían incorporados directamente en los TAG. No se han reportado hasta el momento TAG bacterianos conteniendo ácidos grasos con este largo de cadena (mediana a corta). De acuerdo a los metabolitos detectados, se propuso una ruta metabólica para la degradación de estos dos naftil-compuestos por *Rhodococcus* sp. 602, en condiciones limitantes de nitrógeno. Aparentemente, la unión éster del naftil-dodecanoato sería escindida por una esterasa, liberando naftaleno y ácido dodecanoico. El naftaleno así originado, o el utilizado como sustrato, se oxidaría inicialmente mediante una mono-oxigenasa a 1-naftol,

y posteriormente, mediante otras enzimas, a 1,2,3,4-tetrahidro-1-hidroxi-naftaleno y 4-hidroxi-1-tetralona; este último compuesto entraría en el Ciclo de Krebs para su posterior metabolismo. Este es el primer reporte de esta ruta de degradación del naftaleno en un microorganismo del género *Rhodococcus*, así como también, de la producción de TAG bacterianos a partir de naftil-compuestos.

La versatilidad observada en esta cepa para la síntesis de TAG a partir de numerosos compuestos y en diferentes condiciones, estaría relacionada con la presencia de enzimas cera sintasa/diacilglicerol aciltransferasas (WS/DGAT), similares a las descritas en *Acinetobacter baylyi* ADP1 o *R. opacus* PD630. Se amplificó un fragmento parcial (1.309 pb) de una enzima WS/DGAT en *Rhodococcus* sp. 602, el cual presentó un 89% de identidad con la proteína hipotética ro00039 de *Rhodococcus* sp. RHA1; este fragmento amplificado contenía el dominio HHxxxDG presente generalmente en este tipo de enzimas. La proteína transcrita a partir de esta secuencia presentó un 94% de identidad con la proteína Atf1 de *R. opacus* PD630, y un 24% con AtfA de *A. baylyi* ADP1. La cercanía evolutiva con las proteínas Atf1 y ro00039 de las cepas PD630 y RHA1, respectivamente, fue confirmada mediante estudios filogenéticos.

Asimismo, se estudió la capacidad de *Rhodococcus* sp. 602 para degradar el hidrocarburo ramificado fitano (2,6,10,14-tetrametilhexadecano), en condiciones limitantes de nitrógeno. El fitano es un componente del petróleo, el cual es recalcitrante para la degradación por parte de algunos microorganismos. La cepa 602 no fue capaz de crecer a partir de este compuesto, por lo cual se seleccionó otro



actinomicete, *Mycobacterium ratisbonense* SD4, a fin de estudiar el metabolismo de este hidrocarburo. Mediante estudios de GC-MS se determinó que la cepa SD4 fue capaz de incorporar el fitano y catabolizarlo mediante, al menos, cuatro rutas diferentes: más del 75% fue oxidado a nivel del extremo isopropilo de la molécula ( $C_1$ ) y en el carbono sub-terminal del extremo etilo ( $C_{w-1}$ ), en tanto que en menor proporción el ataque ocurrió a nivel terminal del extremo etilo ( $C_w$ ) o en el grupo metilo situado  $\alpha$  a este carbono; los ácidos grasos así generados fueron  $\beta$ -oxidados directamente, o previas oxidaciones y/o  $\beta$ -decarboximetilación. La mayoría de los metabolitos isoprenoides generados fueron utilizados para la síntesis de ceras isoprenoides (39% del total de lípidos). Nueve ceras isoprenoides diferentes fueron identificadas en esta cepa, siendo las ceras mayoritarias el 2,6,10,14-tetrametilhexadecil-2,6,10,14-tetrametilhexadecanoato y 2,6,10,14-tetrametilhexadecil-4,8,12-trimetiltetradecanoato (43,8% y 34,8 de las ceras totales, respectivamente). Sin embargo, cuando esta cepa fue cultivada con gluconato de sodio o *n*-hexadecano (homólogo no ramificado del fitano), sólo fue capaz de sintetizar TAG. Este trabajo aportaría dos rutas de degradación alternativas a las reportadas previamente, para el catabolismo del fitano en bacterias; asimismo, es el primer reporte que describe la producción de ceras isoprenoides a partir del hidrocarburo ramificado fitano.

La versatilidad observada en *Rhodococcus* sp. 602, así como en *M. ratisbonense* SD4, para la degradación de contaminantes y su posterior transformación en lípidos neutros, llevan a

pensar en este tipo de microorganismos (y concretamente, en la cepa 602) como herramientas útiles a ser utilizadas en procesos de biorremediación de ambientes contaminados con hidrocarburos en nuestra región, así como en la utilización de éstos o de sus enzimas para la producción de compuestos biotecnológicos de valor agregado, como pudieran ser los aceites bacterianos.

El análisis de las SH aisladas y purificadas de las aguas costeras marinas de Bahía Engaño usando el mismo método, indicó que también están constituidas por AF similar al del río. Se encontraron similitudes en sus propiedades fluorescentes (Fig. 4): ambos tienen un máximo de sus matrices de excitación/emisión coincidentes con el llamado pico A en la literatura (Coble 1996) aunque no son idénticos al estar, el marino, levemente corrido hacia mayores longitudes de onda de excitación; también el AF del río fluoresce más que el marino. Sus rendimientos cuánticos indicaron que ambos poseen baja cantidad de grupos fluoróforos junto a grupos cromóforos que absorben sin fluorescer.

#### **Publicaciones de artículos en revistas científicas con referato derivadas de la tesis:**

Silva R.A., Grossi V. y Alvarez H.M. 2007. Biodegradation of phytane (2,6,10,14-tetramethylhexadecane) and accumulation of related isoprenoid wax esters by *Mycobacterium ratisbonense* strain SD4 under nitrogen-starved conditions. FEMS Microbiology Letters 272: 220–228.