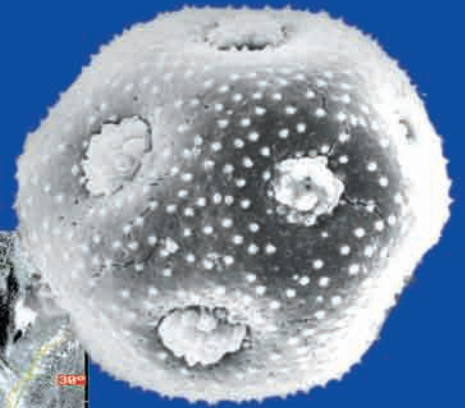
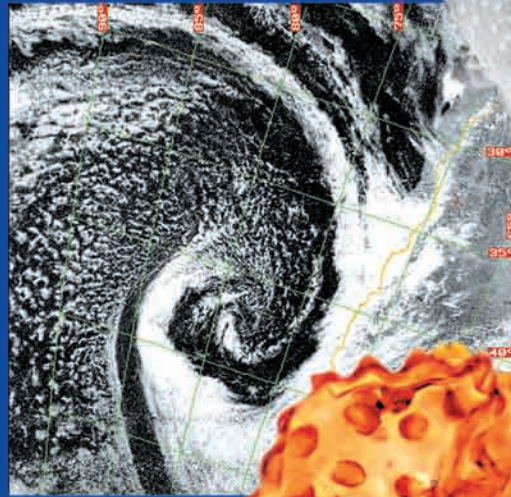


IANIGLA, 30 AÑOS DE INVESTIGACIÓN BÁSICA Y APLICADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

IANIGLA, 30 YEARS OF BASIC AND APPLIED RESEARCH ON
ENVIRONMENTAL SCIENCES

Dario Trombotto y Ricardo Villalba, editores



Cliwarda

Climate Impact on Water Resources and Drylands Agriculture

IANIGLA, 30 AÑOS DE INVESTIGACIÓN
BÁSICA Y APLICADA EN CIENCIAS
AMBIENTALES

*IANIGLA, 30 YEARS OF BASIC
AND APPLIED RESEARCH
ON ENVIRONMENTAL SCIENCES*

Dario Trombotto y Ricardo Villalba, editores

IANIGLA, 30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales

Dario T. Trombotto y Ricardo Villalba (editores).

IANIGLA, 30 Years of Basic and Applied Research on Environmental Sciences

Dario T. Trombotto and Ricardo Villalba (editors).

© 2002, INSTITUTO ARGENTINO DE NIVOLOGÍA, GLACIOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES,
Mendoza, Argentina.

Este libro no puede reproducirse, total ni parcialmente, por ningún método gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo los sistemas de fotocopias, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento de los autores.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval systems or transmitted in any form or by any means: electronic, mechanical photocopying, recording or otherwise, without permission of the authors.

ISBN: 987-43-4545-4

Queda hecho el depósito que establece la Ley 11723.

Se terminó de imprimir esta edición de 500 ejemplares en los talleres de Zeta Editores, Ituzaingó 1422, Mendoza, en el mes de junio de 2002.

Diseño editorial/*Editorial design*: Susana G. Farías, MAGRAF-CRICYT

Diseño de tapa/*Cover design*: Remedios Marín, MAGRAF-CRICYT

Diagramación y compaginación/*Composition*: Silvina Pereyra, MAGRAF-CRICYT

Esta publicación ha sido posible gracias al aporte del Proyecto CLIWARDA:
Impacto Climático en los Recursos Hídricos y la Agricultura de Zonas Áridas.

This publication has been supported by the Project CLIWARDA:

Climate Impact on Water Resources and Dryland Agriculture.

IMPRESO EN ARGENTINA

PRINTED IN ARGENTINA

TAPA (de izquierda a derecha y hacia abajo): cuña de hielo fósil (ver D. Trombotto, p. 65); estructura de un centro ciclónico sobre el Pacífico Sur (ver Cristaldo et al., p. 159); Volcán Maipo, Mendoza, Argentina; granos de polen porado (ver Wingenroth, p. 235), y de *Anapiculatisporites pristidentatus* (ver Zavattieri, p. 203).

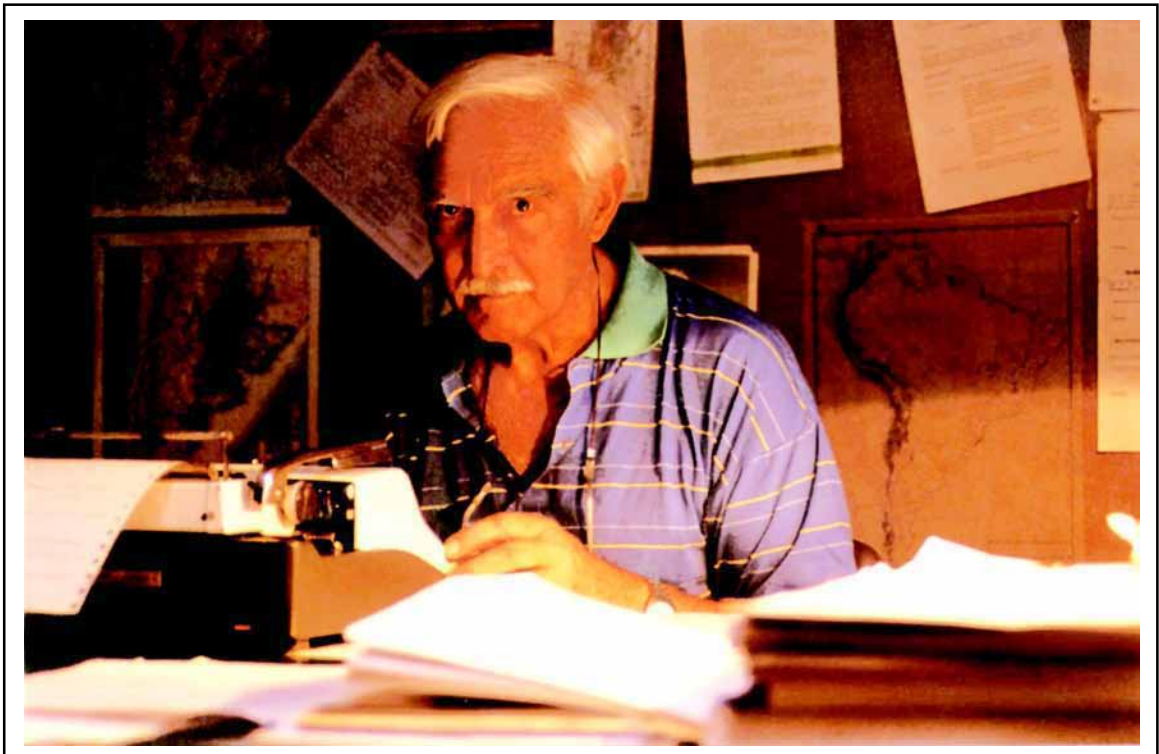
FRONT COVER (from left to right and down): fossil ice wedge (see D. Trombotto, p. 65); Cyclone center over the South Pacific (see Cristaldo et al., p. 159); Volcán Maipo, Mendoza, Argentina; Porate (see Wingenroth, p. 235), and *Anapiculatisporites pristidentatus* (see Zavattieri, p. 203) pollen grains.

CONTRATAPA (de izquierda a derecha y hacia abajo): anemógrafo y captador de polen (ver Suarez y Videla, p. 241); extracción de testigos de hielo (ver Aristarain, p. 265); piso periglacial en Aguas Negras (ver Scholl, pag. 89); estalactitas de rodocrocita (ver Márquez Zavalía, p. 249); suelos estructurados en la isla King George, Antártida (D. Trombotto, 1990); troncos sub-fósiles de *Nothofagus pumilio* en el valle del Río Ameghino, provincia de Santa Cruz, Argentina; Cerro Torre con Glaciar Grande, región del Chálten, provincia de Santa Cruz, Argentina.

BACK COVER (from left to right and down): anemograph and pollen collector (see Suarez and Videla, p. 241); ice core collection (see Aristarain, p. 265); periglacial level at Aguas Negras (see Scholl, p. 89); rhodochroite stalactites (see, Márquez Zavalía, p. 249); pattern ground at King George island, Antarctica (D. Trombotto, 1990); sub-fossil stumps from *Nothofagus pumilio* in the Río Ameghino valley, Santa Cruz, Argentina; Cerro Torre with Glaciar Grande in the front, El Chálten area, Santa Cruz, Argentina.

Al Dr. Arturo Eduardo Corte, precursor y propulsor de los estudios ambientales.

To Dr. Arturo Eduardo Corte, farsighted precursor and pathfinder of environmental studies.



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| PRÓLOGO | ix |
| INTRODUCCIÓN | xi |
| ALGAS | |
| DIATOMEAS TOXIGÉNICAS PRESENTES EN LA COSTA ARGENTINA Eugenia Sar y Martha Ferrario | 1 |
| ARQUEOLOGÍA | |
| EL POBLAMIENTO TEMPRANO DEL CENTRO-NORTE DE MENDOZA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL PASADO Alejandro García | 5 |
| PROCESOS DE OCUPACIÓN PREHISTÓRICA Y CAMBIO AMBIENTAL EN LA PLANICIE NORESTE DE MENDOZA: PERSPECTIVAS DESDE LA ARQUEOLOGÍA Horacio Chiavazza | 11 |
| CUADRO DE FÓSILES DE MENDOZA | |
| Oswaldo Luis Bordonaro | 17 |
| DENDROCRONOLOGÍA | |
| INFLUENCIAS CLIMÁTICAS EN LA DINÁMICA FORESTAL DEL ECOTONO BOSQUE-ESTEPA EN EL NORTE DE PATAGONIA Ricardo Villalba | 19 |
| APORTE DE LA XILOLOGÍA AL ESTUDIO DENDROCRONOLÓGICO DE <i>NOTHOFAGUS</i> EN LA ARGENTINA Stella Maris Rivera | 25 |
| VARIACIONES EN EL CAUDAL DEL RÍO ATUEL DESDE 1575 HASTA EL PRESENTE RECONSTRUIDAS CON SERIES DE ANILLOS DE ÁRBOLES Y SUS RELACIONES CON LA OSCILACIÓN DEL SUR José Boninsegna y Silvia Delgado de Brun | 31 |
| LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE <i>DISCARIA TRINERVIS</i> EN LA CORDILLERA MENDOCINA Andrea Schmelter | 35 |
| REGISTROS DENDROCRONOLÓGICOS DE MADERAS DEL PLEISTOCENO TARDÍO-HOLOCENO EN AMÉRICA DEL SUR Fidel A. Roig Juñent | 41 |
| EVIDENCIAS HISTÓRICAS Y DENDROCRONOLÓGICAS DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA PATAGONIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 1000 AÑOS (PATAGON-1000) Silvia Delgado, Mariano Masiokas, Ricardo Villalba, Dario Trombotto, Alberto Ripalta, José Hernández y Salvador Calí | 47 |
| DENDROECOLOGÍA DE LOS ALGARROBALES DE LA ZONA ÁRIDA ARGENTINA Pablo E. Villagra, Mariano S. Morales, Ricardo Villalba y José A. Boninsegna | 53 |
| EPISTEMOLOGÍA | |
| EL ROL DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS SOCIALES EN EL ESTUDIO DEL AMBIENTE Teresita Castrillejo | 59 |

GEOCRIOLOGÍA

| | |
|---|----|
| EL AMBIENTE CRIOGÉNICO ACTUAL Y EL PALEOPERMAFROST EN EL EXTREMO AUSTRAL DE AMÉRICA DEL SUR Dario Trombotto _____ | 65 |
| PERFORADORA A PERCUSIÓN PARA SUELOS DETRÍTICOS CRIOGÉNICOS José M. Hernández _____ | 71 |
| HIDROLOGÍA DE AMBIENTES PERIGLACIALES. CUENCA MORENAS COLORADAS - VALLECITOS, CORDÓN DEL PLATA, CORDILLERA FRONTAL, MENDOZA Enrique Buk _____ | 73 |
| ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS INTERNAS Y CONCENTRACIÓN DE MINERALES PESADOS EN LA CAPA ACTIVA Ana-Lía Ahumada _____ | 77 |
| HIDROLOGÍA DEL PERMAFROST DE MONTAÑA Y SU RELACIÓN CON LA RADIACIÓN SOLAR. ESTUDIO DE UNA CUENCA COLECTORA EN AGUA NEGRA, ALTOS ANDES DE SAN JUAN, ARGENTINA Lothar Schrott _____ | 83 |
| MAPEO GEOMORFOLÓGICO DEL PISO PERIGLACIAL EN LOS ANDES SEMIÁRIDOS Karl-Heinz Scholl _____ | 89 |
| EFFECTOS DEL CONGELAMIENTO DEL SUELO EN MENDOZA Y TERMINOLOGÍA María Cecilia Regairaz _____ | 93 |

GEODESIA

| | |
|---|-----|
| DISEÑO, ANÁLISIS DE PRECISIÓN Y AJUSTE DE REDES TOPOGEODÉSICAS María Virginia Mackern _____ | 99 |
| SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Roberto Bruce, Ernesto Corvalán, Orlando Di Giuseppe, Luis Lenzano, Rosana Llorens, M. Virginia Mackern, Ana M. Robin y Rolando Sendra _____ | 101 |

GEOFÍSICA

| | |
|--|-----|
| CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOFÍSICO DE LA REGIÓN A LO LARGO DEL PARALELO 33°S EN ARGENTINA, MEDIANTE SONDEOS MTs Y MVs. SÍNTESIS PRELIMINAR Enrique Borzotta, Manuel J. Mamaní y Hugo G. Fournier _____ | 105 |
|--|-----|

GEOLOGÍA DEL CUATERNARIO

| | |
|---|-----|
| GLACIACIONES CUATERNARIAS EN EL VALLE DEL RÍO MENDOZA, ANDES ARGENTINOS Lydia E. Espizúa _____ | 111 |
| LOS PALEOAMBIENTES DEL PLEISTOCENO-HOLOCENO EN LA CUENCA DEL ARROYO LA ESTACADA, MENDOZA Marcelo A. Zárate y Marta M. Páez _____ | 117 |

GEOLOGÍA REGIONAL

| | |
|---|-----|
| LOS CARBONATOS CÁMBRICOS Y ORDOVÍCICOS DE LA PRECORDILLERA ARGENTINA COMO ROCAS DE APLICACIÓN INDUSTRIAL Oswaldo Luis Bordonaro _____ | 123 |
| CICLOS SEDIMENTARIOS ORDOVÍCICOS EN EL TERRANE DE PRECORDILLERA, OESTE DE ARGENTINA Matilde Sylvia Beresi _____ | 127 |

HISTORIA AMBIENTAL

EVIDENCIAS HISTÓRICAS SOBRE ALGUNOS ASPECTOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ARGENTINA Y BOLIVIA DURANTE LOS ÚLTIMOS CUATRO SIGLOS.

María del R. Prieto y Roberto Herrera _____ 133

MANEJO ECOLÓGICO DE CUENCAS

INTERRELACIÓN DEL PASTOREO CAPRINO Y LA VEGETACIÓN NATURAL: ALGUNAS PAUTAS PARA EL MANEJO DE AMBIENTES ÁRIDOS

Eduardo Guillermo Grünwaldt _____ 139

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL CONTEXTO DEL MANEJO DE CUENCAS

Marcela S. Mansilla, Armando R. Pedrani y Ricardo Ojeda _____ 143

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE INFILTRACIÓN EN EL PIEDEMONTES MENDOCINO

Marcela Nave, Armando Pedrani, Alberto I.J. Vich y Adriana Mariani _____ 145

LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PIEDEMONTES ÁRIDO DE MENDOZA

Alberto I.J. Vich y Armando Pedrani _____ 151

CORRECCIÓN DE CUENCAS CON TRAMPAS DE AGUA

Adriana Mariani, Armando Pedrani, Alberto Vich y Marcela Nave _____ 155

METEOROLOGÍA

PROGRAMA REGIONAL DE METEOROLOGÍA, MENDOZA (ARGENTINA)

J. Cristaldo, H. Estrella, J. Ferraro, N. Heredia, R. Moltó, F. Norte, A. Palma, M. Silva y S. Simonelli _____ 159

NIVOGLACIOLOGÍA

INVENTARIO DE GLACIARES DE MENDOZA Y SAN JUAN

Rafael Bottero _____ 165

FLUCTUACIONES GLACIARIAS EN LA CUENCA SUPERIOR DEL RÍO ATUEL, MENDOZA, ARGENTINA

Daniel Roberto Cobos _____ 171

CONSTRUCCIÓN DE LA SONDA N°5

Víctor Hugo Videla y Jorge Suarez _____ 175

AVANCES O RETROCESOS GLACIARIOS EN LOS ANDES CENTRALES ARGENTINOS

Rosana Elisabeth Llorens _____ 177

LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS GLACIARES ANDINOS

Juan Carlos Leiva _____ 181

MODELO DE CAPTURA DE PARTÍCULAS DE NIEVE Y DE POLVO AMBIENTAL POR EL VIENTO

Hugo Martínez _____ 187

PALEONTOLOGÍA DE INVERTEBRADOS

ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO Y PALEOBIOGEOGRÁFICO DE LOS GRAPTOLITOS DEL PALEOZOICO INFERIOR DE LA CORDILLERA ORIENTAL, ARGENTINA

Blanca A. Toro _____ 189

PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

HALLAZGO DEL PRIMER HUEVO FÓSIL DE DINOSAURIO EN MENDOZA

Eliseo G. Sepúlveda _____ 195

| | |
|--|-----|
| DINOSAURIOS Y AMBIENTES DEL CRETÁCICO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA Bernardo J. González Riga | 197 |
|--|-----|

PALEOPALINOLOGÍA

| | |
|---|-----|
| ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS Y PALEOCLIMÁTICOS DE LAS SUCESIONES TRIÁSICAS DE ARGENTINA, EN BASE A REGISTROS PALINOLÓGICOS Ana María Zavattieri | 203 |
| BIOESTRATIGRAFÍA, PALEOGEOGRAFÍA Y PALEOAMBIENTES BASADOS EN PALINOMORFOS EN CUENCAS ORDOVÍCICAS, SILÚRICAS Y DEVÓNICAS DE LA ARGENTINA Claudia Viviana Rubinstein | 209 |
| INFERENCIAS PALEOBIOGEOGRÁFICA Y PALEOAMBIENTAL DEL GÉNERO <i>GRAPNELISPORA</i> (STOVER & PARTRIDGE) DEL CRETÁCICO SUPERIOR DEL NORTE DE PATAGONIA Oscar Hugo Papú | 215 |
| ESTUDIO PALINOLÓGICO DEL CRETÁCICO INFERIOR DE LA CUENCA DE SAN LUIS Mercedes B. Prámparo | 221 |
| INFERENCIAS PALEOAMBIENTALES EN BASE A DINOFLAGELADOS MARINOS DEL CRETÁCICO INFERIOR DE LA CUENCA NEUQUINA Patricia Peralta | 227 |
| ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE UNA MICROFLORA EOCENA DE LA ISLA VICECOMODORO MARAMBIO, ANTÁRTIDA ARGENTINA Eliseo G. Sepúlveda | 231 |

PALINOLOGÍA

| | |
|--|-----|
| ESTUDIOS PALINOLÓGICOS EN LAS REGIONES ÁRIDAS MENDOCINAS Mónica Cristina Wingenroth | 235 |
| COLECTOR DE POLEN Jorge A. Suarez y Víctor H. Videla | 241 |

PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA

| | |
|--|-----|
| LAS PEGMATITAS MINERALIZADAS DE LAS SIERRAS PAMPEANAS Miguel Ángel Galliski | 243 |
| MINA CAPILLITAS, UN DEPÓSITO EPITERMAL DEL NOROESTE ARGENTINO María Florencia Márquez Zavalía | 249 |

RIESGO GEOLÓGICO

| | |
|---|-----|
| EL VOLCANISMO RECIENTE Y RIESGO ASOCIADO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA Patricia Sruoga | 255 |
| EL CUATERNARIO DEL BLOQUE DE SAN RAFAEL. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS - ESTRUCTURALES Y RIESGO SÍSMICO ASOCIADO Héctor Américo Cisneros | 261 |

TESTIGOS DE HIELO

| | |
|---|-----|
| TESTIGOS DE HIELO (PENÍNSULA ANTÁRTICA - HIELO CONTINENTAL PATAGÓNICO) Alberto José Aristarain | 265 |
|---|-----|

INTRODUCCIÓN Y AGRADECIMIENTOS

INTRODUCTION AND ACKNOWLEDGEMENTS

Hacia fines de la década del 60 nos encontrábamos en un período de grandes sequías en la región cuyana por la falta de precipitaciones nivales en la Cordillera de los Andes. Ante la alarmante situación de escasez de agua para los oasis cuyanos se planteó la necesidad de estudiar el agua de origen nivoglacial cordillerana.

Entre el 22 y el 27 de septiembre de 1969 se realizaron en Mendoza las Primeras Jornadas de Nivoglaciología, que tuvieron mucha importancia nacional e internacional (Chile), ya que en ella se enfocaron por primera vez y en conjunto la problemática de las zonas áridas y de los años con sequías. En estas jornadas se creó formalmente el **Centro de Investigaciones Nivoglaciológicas**, como fuera expresado por el Presidente del CONICET, Ing. José Gandolfo. También entre las decisiones se observaron las disciplinas y los campos de investigación que dicho centro debía abarcar.

Finalmente y algunos años después, el 13 de mayo de 1972 se realizó el convenio de la creación del **Instituto Argentino de Nivología y Glaciología (IANIGLA)** bajo la responsabilidad administrativa del CONICET. Firmaron los siguientes representantes de las entidades patrocinantes: UNCU, Dirección de Agua y Energía Eléctrica, Centro de Estudios y Legislación del Agua (CELA), la provincia de Mendoza, la provincia de San Juan, INCYTH, Servicio Meteorológico Nacional, HIDRONOR y la Universidad Nacional del Sur.

En abril de 1973 empezó a funcionar el Instituto Argentino de Nivología y Glaciología en el CELA, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional de Cuyo, bajo la subdirección del Dr. Arturo Eduardo Corte.

A partir de julio de 1974 el IANIGLA funcionó en el edificio del Servicio Meteorológico Nacional, dependiente de la Fuerza Aérea en el Parque San Martín de la ciudad de Mendoza.

Posteriormente, en 1979 el IANIGLA se trasladó a su nueva sede para constituir, entre otros institutos, el **Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)**. Entre sus principales objetivos estaba la investigación y la formación de recursos humanos especializados en disciplinas relacionadas con los recursos hídricos en estado sólido de la región, su variabilidad y pronóstico a largo

Due to the scarcity of snowfall in the Central Andes, severe droughts occurred in the Cuyo region during the late 1960s. The high vulnerability of Cuyo oases to water shortage pointed out, at that time, the need for a comprehensive understanding of fluctuations in the hydrological cycle in the Andes mountains.

*The First Workshop on Ice and Snow held in Mendoza, Argentina, on September 1969, represented the starting point of a search for environmental policies to deal with the social and economic difficulties imposed by the regional droughts. In this workshop, Dr. José Gandolfo, former director of the Argentinean National Research Council (CONICET), promoted the formation of a **Research Center on Snow and Ice**. The research objectives of this Center were also discussed in this workshop. The city of Mendoza was considered as the most suitable physical location for this Center. During its first years, the Research Center on Snow and Ice worked under the supervision of the Commission on Snow and Ice. Three years later, in May 1972, the **Argentinean Institute on Snow and Ice (IANIGLA)** was officially created. Although administrated directly by the Argentinean National Research Council (CONICET), the new Institute was partially supported by regional and national organizations such as Cuyo University (Mendoza), Southern University (Bahía Blanca), the Argentinean Water and Electric Company, the Center for Water Legislation (CELA), the governments of the provinces of Mendoza and San Juan, the National Institute of Hydrological Sciences and Techniques (INCYTH), the National Meteorological Service, and the North Patagonian Electric Company (HIDRONOR).*

*Under the direction of Dr. Arturo Eduardo Corte, IANIGLA started to operate in April 1973 at the CELA facilities. One year later, IANIGLA moved to the National Meteorological Service's facilities located in the Mendoza public park. In 1979, IANIGLA was placed at its current location in the **Regional Center of Science and Technology (CRICYT)**. During the 1980s, IANIGLA's major goal was the establishment of a research team concerned with the study of precipitation and temperature variations in the Central Andes. Research on present and past climatic variations was complemented with glaciological, geocryological, geo-*

plazo. Se inicia entonces una etapa en la que se realizan investigaciones del clima regional presente y pasado, glaciología, geocriología, geología del Cuaternario e hidrología principalmente. En setiembre de 1984 se incorpora el Programa de Investigaciones en Bioestratigrafía y Paleocología.

A comienzos de la década del 90 las investigaciones dirigidas hacia la preservación y la protección del ambiente empiezan a ocupar un lugar muy importante en el instituto, lo que se expresa a través de los servicios que ofrece, como la prevención de catástrofes, pronóstico de fenómenos meteorológicos extremos, monitoreo y estudios de reservas hídricas sólidas y ecología de bosques. La situación queda consolidada en 1994 mediante la aprobación, por el Directorio del CONICET, de su nuevo nombre: **Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales**, pero conservando la sigla de siempre.

Queremos agradecer a todos los colaboradores y autores de este volumen, particularmente a aquellos que respondieron con interés y rápidamente a nuestra invitación entre 1995 y 1996, apoyando nuestra iniciativa e idea. Conjuntamente a los numerosos especialistas correctores y críticos de los textos. Especialmente merecen nuestro agradecimiento Graciela Farías, Silvina Pereyra y colaboradores del Servicio de Medios Gráficos del CRICYT (MAGRAF), por el diseño, diagramación y edición de este libro, y por el tiempo y discusión brindados generosamente; así también al señor Rafael Bottero del IANIGLA por la confección de numerosos dibujos. Tenemos que agradecer asimismo a las traductoras María Elena Soler, Sabine Herfert, Silvina Pereyra y Nélida Horak por su colaboración no solo en la traducción de los textos y palabras claves, sino porque fueron parte de la redacción y de discusiones idiomáticas muy productivas, que hacen posible la lectura amena y comprensible de este volumen.

Agradecemos muy especialmente al Cliwarda (Climate Impact on Water Resources and Drylands Agriculture) sin cuya ayuda económica no podría haberse realizado la presente publicación.

La presentación preliminar y pública de este libro tuvo lugar el día 23 de diciembre de 1997, en el Jardín Japonés del IANIGLA. Contó con la presencia del Dr. Arturo Corte, a quien el libro está dedicado. El Dr. Corte falleció en enero del 2001.

logical and hydrological studies. In September 1984 the Research Program on Biostratigraphy and Palaeoecology was incorporated to IANIGLA.

*Since 1990, studies related to management and conservation of natural resources have received special emphasis at IANIGLA. Prevention and/or mitigation of natural hazards, prediction of extreme climatic events, survey and monitoring of water resources, and conservation and management of forest resources are some of the research topics presently under development. As a consequence of these new research initiatives, the National Research Council of Argentina (CONICET) modified the original name of IANIGLA to the **Argentinean Institute of Snow, Ice and Environmental Sciences**. In spite of the new name, the acronym IANIGLA is still used.*

Today, most researchers at IANIGLA are devoted to interdisciplinary studies in the wide range of environmental sciences (see diagram). Basic and applied research are carried out hand in hand to reach a comprehensive understanding of climatic variations along the Andes and their impact on Argentina's natural resources, as can be seen in the following pages.

We wish to thank those who collaborated with this volume, especially the authors that responded promptly and eagerly to our call between 1995 and 1996, thus supporting our initiative. Also, the numerous specialized correctors and critics of the manuscripts. A special thank to Graciela Farías, Silvina Pereyra, and other collaborators from the Design Department of the Regional Center for Scientific and Technological Research (CRICYT), for the editorial design, composition and editing of this book, as well as for the time and concepts generously spared; also, to Rafael Bottero, from IANIGLA, who made many of the graphics and drawings of this book. We also acknowledge the translators María Elena Soler, Sabine Herfert, Silvina Pereyra, and Nelly Horak not only for the translation of the manuscripts and key-words, but also for taking part in the redaction of the texts and in rich idiomatic discussions, that made this book understandable and easy-reading.

We want to acknowledge very specially the Cliwarda (Climate Impact on Water Resources and Drylands Agriculture) that provided the funds that made this publication possible.

The preliminary and public presentation of this book took place the 23rd of December 1997, in the Japanese Garden of IANIGLA, with the presence of Dr. Arturo Corte, to whom this book is dedicated. Dr. A. Corte died in January 2001.

PRÓLOGO

FOREWORD

El Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) es un centro de investigación y educación superior de geociencias, dedicado a los siguientes campos científicos principales:

- Dendrocronología e Historia Ambiental
- Geocriología, Nivología y Glaciología
- Geología y Paleontología
- Geofísica
- Geoquímica
- Ciencias Ambientales
- Meteorología, Climatología y Paleoclimatología

Lo integran 23 investigadores científicos que son geólogos, paleontólogos, biólogos, ingenieros agrónomos y forestales, un físico, un meteorólogo, un hidrólogo, geoquímicos y una historiadora. Asimismo, pertenecen al IANIGLA 16 profesionales universitarios que son biólogos, geógrafos, ingenieros agrónomos, un agrimensor, geólogos, ingenieros, un veterinario, una filósofa y un analista de sistemas. Completan el equipo 10 técnicos, dos artesanos y una secretaria.

Los campos de investigación mencionados dan una pauta de la gran importancia del IANIGLA para una región como Mendoza, con una economía de oasis fuertemente dependiente de la relación entre agua, nieve, hielo, geología y clima.

En esta publicación se presentan estudios de casos que ejemplifican la labor realizada en el IANIGLA y dan una idea de la envergadura, belleza e importancia teórica y aplicable de los temas desarrollados, y asimismo del profesionalismo con que cada investigador ha desarrollado su tema.

El presente volumen está dedicado al Dr. Arturo Eduardo Corte, eminente geocriólogo y maestro de muchos de los coautores participantes, quien hace 25 años creó, como co-fundador, el IANIGLA.

The Argentine Institute for Snow Research, Glaciology and Environmental Sciences (IANIGLA) is a research center and an institution for higher geosciences education, dedicated to the following main scientific fields:

- *Dendrochronology and Environmental History*
- *Geocryology, Snow Research and Glaciology*
- *Geology and Paleontology*
- *Geophysics*
- *Geochemistry*
- *Environmental Sciences*
- *Meteorology, Climatology and Paleoclimatology*

The Institute is formed by 23 scientists that are geologists, paleontologists, biologists, agricultural and forestal engineers, a physicist, a meteorologist, a hydrologist, geochemists and a historian. Also working at the IANIGLA there are sixteen college professionals, among them biologists, geographers, agricultural engineers, one surveyor, geologists, engineers, a veterinarian, a philosopher and a systems analyst. The staff is completed by twelve technicians, and a secretary.

The research fields above mentioned show the essential importance the IANIGLA has for a region such as Mendoza, with an oasis economy strongly dependent on the relationship between water, snow, ice, geology and climate.

This publication presents the study of cases that exemplify the work carried out in the IANIGLA and suggests the span, the beauty and theoretical and applicable importance of the developed themes, as well as the professionalism with which each researcher has developed his subject.

The present volume is dedicated to Dr. Arturo Eduardo Corte, an eminent geocryologist and a teacher to many of the participant co-authors. Twenty-five years ago Dr. Corte was co-founder of the IANIGLA.

Wolfgang Volkheimer
Director IANIGLA
1993-2001

DIATOMEAS TOXIGÉNICAS PRESENTES EN LA COSTA ARGENTINA

TOXIGENIC DIATOMS PRESENT IN THE ARGENTINE COAST

Eugenia Sar y Martha Ferrario

Eugenia Sar

Inv. Asistente del CONICET; Prof. Adjunto, Fac. de Ciencias Naturales y Museo, UNLP; Jefe Alterno del Departamento Científico Ficológia, Museo de La Plata, UNLP.

Researcher of CONICET; professor at the Faculty of Natural Sciences and Museum, Univ. of La Plata; 2nd Chief of the Phycology Scientific Dept., La Plata Museum, Univ. of La Plata.

Martha Ferrario

Inv. Independiente del CONICET; Prof. Titular de Botánica Sistemática I, Fac. de Ciencias Naturales y Museo, UNLP; Jefe del Departamento Científico Ficológia, Museo de La Plata, UNLP.

Researcher of CONICET; professor at the Faculty of Natural Sciences and Museum, Univ. of La Plata; Chief of the Phycology Scientific Dept., La Plata Museum, Univ. of La Plata

Las microalgas han sido consideradas a nivel mundial en numerosas oportunidades con relación a episodios de intoxicación masiva de organismos. Hallegraeff (1993) afirma que de las aproximadamente 5.000 especies fitoplanctónicas conocidas, 300 han sido citadas como productoras de floraciones y 40 como generadoras de potentes toxinas. Entre estas últimas, figuran algunos taxa de la Clase Bacillariophyceae (Diatomeas) que producen ácido domoico.

En el año 1987 se suscitó el primer episodio de intoxicación aguda de más de un centenar de personas, de las cuales tres resultaron muertas, en la Isla Príncipe Eduardo, Canadá. La toxina responsable del evento fue el ácido domoico, la fuente productora una diatomea, *Pseudonitzschia multiseries* (Hasle) Hasle y el organismo transvector un molusco *Mytilus edulis* Linnaeus

Desde entonces se registraron otros episodios de intoxicación o bien altas concentraciones de la neurotoxina en filtradores bivalvos, que son historiadados y referenciados por Villac et al. (1993). Los organismos

responsables de tales casos fueron *Pseudonitzschia australis* Frenguelli, *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle y *P. delicatissima* (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe. Lundholm et al. (1994) determinaron que *P. seriata* (Cleve) Peragallo es productora de ácido domoico bajo condiciones de cultivo, principalmente durante la fase estacionaria de crecimiento, tal como sucede con *P. multiseries* (Hasle) Hasle y *P. australis* Frenguelli, que fueron estudiadas con anterioridad.

Hasta el presente una sola especie bentónica, *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing, ha sido señalada como productora de ácido domoico bajo condiciones de

Microalgae have been considered at world level in relation to episodes of organisms massive intoxication in numerous opportunities. Hallegraeff (1993) states that approximately 300 out of the 5,000 phytoplanktonic species known, have been quoted as blooms producers, and 40 as the source of powerful toxins. Among the last ones, there are some taxa of the class Bacillariophyceae (Diatoms), producers of the domoic acid (DA).

The first episode of severe intoxication to more than one hundred people happened in 1987 in the Canadian island Prince Edward, resulting in three dead people. The responsible toxine was the

domoic acid, the source a diatom *Pseudonitzschia multiseries* (Hasle) Hasle and the vector organism, a mussel *Mytilus edulis* Linnaeus. From there on there have been other intoxication episodes or high concentrations of the neurotoxicine on filtering bivalves, referred by Villac et al. (1993). In those cases the responsible organisms were *Pseudonitzschia australis* Frenguelli, *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle and *P. delicatissima* (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe. In 1994, Lundholm et al. determined that *P. seriata* (Cleve) Peragallo produces domoic acid under cultive conditions, mainly during the stationary phase, similarly to what happens with *P. multiseries* and *P. australis*, that were studied before.

Up to date only one bentonic species, *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing, has been pointed as producer of domoic acid under cultive conditions by Maranda et al. (1990).

The domoic acid is an amino acide that acts over the central nervous system as an excitatory agent of the neurotransmission. When the excitation level

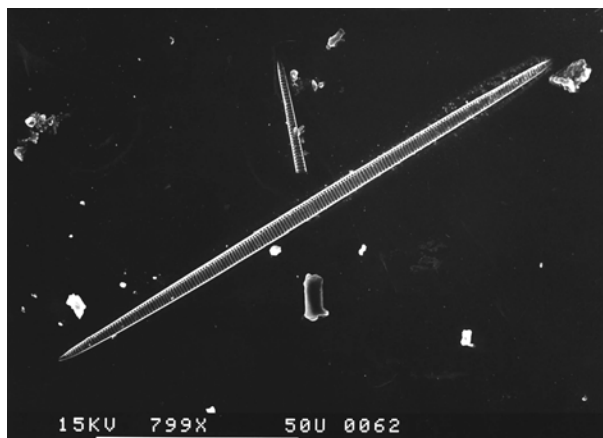


Fig. 1. Especie toxigénica, *Pseudonitzschia multiseries*. Vista general.

Fig. 1. Toxigenic species, *Pseudonitzschia multiseries*. General view.

Fig. 2. Especie toxigénica, *Pseudonitzschia multiseries*. Parte central de la valva mostrando estrías con tres o más hileras de poroides.

Fig. 2. *Toxigenic species, Pseudonitzschia multiseries. Central part of the valve showing striae with three or more poroids rows.*

cultivo por Maranda et al. (1990).

El ácido domoico es un aminoácido que actúa sobre el sistema nervioso central como excitatorio de la neurotransmisión. Cuando el nivel de excitación que produce traspone cierto umbral, queda fuera del control fisiológico y puede producir muerte neuronal.

Los síntomas de envenenamiento en los pacientes intoxicados pueden sobrevenir entre los 30 minutos y las 24 hs luego del consumo de moluscos, y consisten en calambres abdominales, vómitos, diarrea, y dolor de cabeza en los casos moderados. En casos más severos se produce estado de confusión, desorientación y pérdida permanente de la memoria de corto término y en casos extremos, pérdida permanente de la memoria, coma y muerte por falla respiratoria. En función de la sintomatología que provoca y del organismo transvector es que se denomina al ácido domoico Veneno Amnésico de Moluscos (VAM).

Hasta el presente no se dispone de antídoto, ni de tratamiento clínico específico para contrarrestar sus efectos.

La ciguatoxina, producida por dinoflagelados bentónicos, tiene por organismos transvectores a peces herbívoros. Esta toxina puede provocar, al igual que el ácido domoico, daños neurológicos, pero mientras en el último caso éstos son irreversibles, en el primero las secuelas son revertidas con el tiempo.

Varios dinoflagelados planctónicos producen dos tipos de venenos, algunas especies el veneno paralizante de Moluscos y otras el veneno Diarreico de Moluscos, ambos provocan síntomas gastrointestinales al igual que el Veneno

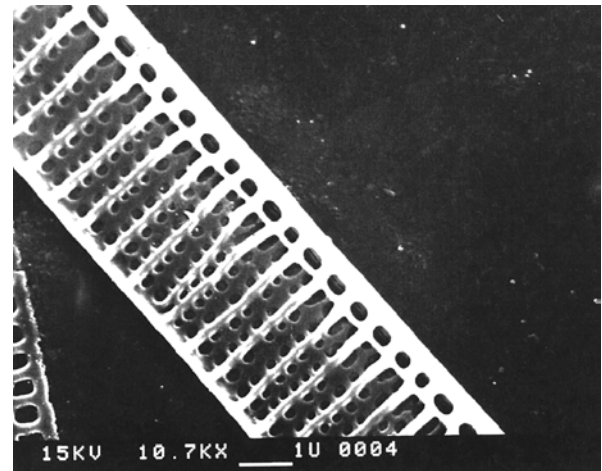
Amnésico de Moluscos. No obstante esta coincidencia, la evolución de las intoxicaciones es completamente diferente.

El Veneno Paralizante produce hormigueo y adormecimiento alrededor de los labios que se extiende gradualmente hacia cara y cuello, habla incoherente, pérdida de coordinación de los miembros, rigidez progresiva, parálisis muscular y muerte por parálisis respiratoria. Los pacientes que se sobreponen al episodio no quedan con secuelas de la intoxicación.

En el caso del Veneno Diarreico las náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal se prolongan por alrededor de tres días independientemente del tratamiento médico que se aplique, luego de lo cual el paciente vuelve a la normalidad. De todos modos la exposición crónica a la toxina promueve la formación de tumores en el tracto digestivo.

La particularidad de estos venenos es que no pueden destruirse ni por cocción ni por congelamiento de los organismos transvectores; son inodoros e insaboros, en consecuencia solo pueden ser detectados por test de laboratorio y no tienen antídoto. Por lo tanto, el conocimiento de los fenómenos de floraciones algales nocivas, de los organismos que las producen y de los organismos transvectores, constituye un tema de interés desde el punto de vista de la salud pública.

Sobre la base de lo antedicho, nuestro grupo de trabajo realizó una revisión bibliográfica con el propósito de averiguar qué diatomeas productoras de ácido domoico contaban con citas para Argentina. Como resultado de esa labor pudimos establecer que todas las especies potencialmente toxigénicas han



trespasses a certain threshold, it goes beyond the physiological control and may cause neuronal death.

The poisoning symptoms may occur between 30 minutes and 24 hours after consumption of DA contaminated seafood, and they are abdominal cramps, diarrhea and headaches in the moderate cases. In the more severe cases there happens confusion, disorientation and permanent loss of the short term memory; and in extreme cases, permanent memory loss, coma and death by respiratory failure. Owing to the symptomatology it provokes and to the vector organisms, the domoic acid is called Amnesic Shellfish Poison (ASP). At present, there is not an antidote or a specific clinical treatment to counteract its effects.

The ciguatoxin, whose vector organisms are herbivorous fishes, is produced by bentonic dinoflagellates. This toxine, like the domoic acid, may produce neurological damage, but while in the last case the damage is irreversible, in the first case sequels are reversed with time.

Several planktonic dinoflagellates produce other types of poison, some species produce the Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) and others the Diarrheic Shellfish Poisoning

(DSP), both produce gastrointestinal and neurological symptoms like the Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) and the Neurological Shellfish Poisoning (NSP). Notwithstanding this coincidence, the evolution of these intoxications is completely different.

The Paralyzing Poison produces tingling and numbness around the lips, extending gradually towards face and neck, incoherent speech, loss of limb coordination, progressive rigidity, muscular paralysis and death by respiratory paralysis.

In the case of the Diarrheic Poison, the nausea, vomits, diarrhea and abdominal pain occur during three days independently from the medical treatment being applied, after which the patient goes back to normality. In any case, chronic exposition to the toxine promotes the formation of tumors in the digestive tract. Instead, NSP only produces neurological disturbances that are never lethal.

The particularity of these poisons is that they cannot be destroyed by cooking or by freezing the vector organisms; they are odorless and tasteless, consequently they can only be detected by laboratory tests and there are no known antidotes. Therefore, the knowledge of the

Fig. 3. Especie no toxigénica, *Pseudonitzschia pungens*. Vista general.

Fig. 3. Non toxigenic species, *Pseudonitzschia pungens*. General view.

sido citadas para el país. Sin embargo, creemos necesario confirmar las determinaciones dado que requieren de un cuidadoso análisis ultraestructural con microscopio electrónico de barrido y microscopio electrónico de transmisión.

A partir de 1993, en vista de que en principio se hallan en nuestras costas todas las especies toxigénicas, y considerando que se encuentran extensas poblaciones de moluscos filtradores bivalvos de interés comercial que podrían funcionar como transvectores en el caso de una floración tóxica, fue generado un plan de monitoreo.

Este proyecto al que denominamos "Monitoreo de diatomeas productoras de neurotoxinas presentes en la costa bonaerense" fue apoyado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires, que lo declaró plan prioritario, y por la Universidad Nacional de La Plata. Al presente es nuestra intención hacerlo extensivo a toda la costa argentina.

Los objetivos fijados para las primeras etapas de dicho proyecto son:

- Realizar un estudio taxonómico de las especies del género *Pseudonitzschia* presentes en el área.
- Determinar los parámetros físicos, químicos y oceanológicos asociados a la presencia de las especies bajo análisis.
- Determinar las concentraciones en que se hallan, en términos de número de células por litro.
- Determinar la distribución de las especies toxigénicas en el tiempo y en el espacio.
- Estudiar el resto del fitoplancton del área a fin de

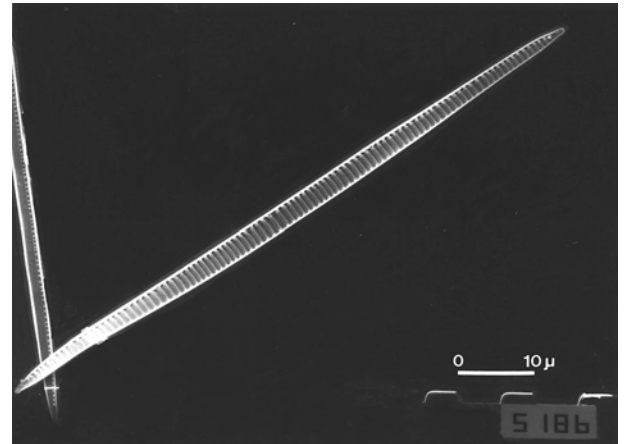
detectar la existencia o no de asociaciones entre especies toxigénicas y otros fitoplánc-tones.

La finalidad última del proyecto es detectar tempranamente y predecir a largo plazo la aparición de floraciones de las especies productoras de ácido domoico.

Hasta el presente se analizaron muestras de varios puntos de la costa bonaerense, habiéndose detectado en algunas de ellas especies del género *Pseudonitzschia*. A partir del análisis con microscopio óptico y electrónico fueron determinadas *P. australis* Frenguelli, *P. multiseriata* (Hasle) Hasle, *P. pseudodelicatissima* (Hasle) Hasle y *P. pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle, las tres primeras especies productoras potenciales de VAM. *P. pungens* (Grunow ex Cleve) Hasle ha sido citada como productora de ácido domoico, pero consideramos necesario que se confirme este hallazgo para incluirla entre los taxa productores de la neurotoxina.

Paralelamente a las muestras de fitoplancton, tomadas en el área del Municipio de la Costa, se colectaron ejemplares de *Mesodesma mactroides* Deshayes, posible transvector de la toxina. La aparición de especies de *Pseudonitzschia* en el tracto digestivo del molusco y en las muestras de fitoplancton del lugar, nos llevó a la conclusión de que estas diatomeas forman parte de la dieta del bivalvo.

Estos resultados fueron presentados en el VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR), Mar del Plata (23-27 de octubre) y discutidos en el II Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica (COI, UNESCO, INIDEP).



phenomena of the nocive algal bloom, of the organisms that produce them and of the vector organisms, are a subject of interest from the point of view of public health.

On these bases, our workgroup carried out a literary revision with the purpose of finding out which diatoms, producers of the domoic acid, have been quoted for Argentina. It was possible to establish that all the species potentially toxic had been quoted for the country. Nevertheless, we believe it necessary to confirm the determinations, as they require a careful ultrastructural analysis with the scanning electronic microscope (SEM) and with the transmission electronic microscope (TEM).

Starting from 1993, as all toxic species can be found in our shores and since extense populations of bivalve filtering mollusks of comercial interest that could function as vectors in the case of a toxic bloom can be found, a monitoring plan was done. This project, named "Monitoring of diatom producers of neurotoxines present in the Province of Buenos Aires shore" was supported by the Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires (Comission for Scientific Research of the Province of Buenos Aires), that declared it a priority, and by the National

University of La Plata. The intention is now to make it extensive to all of the Argentine shores.

The objectives for the first stages of this project are:

- To carry out a taxonomic study of the species of the genus *Pseudonitzschia* that can be found in the area.
- To determine the physical, chemical and oceanic parameters associated to the presence of species under analysis.
- To determine the concentrations where they can be found, in terms of cell per litre.
- To determine the distribution of the toxic species in time and space.
- To study the rest of the phytoplankton area in order to detect the existence of associations between toxic species and other phytoplankters.

The last aim of the project is the early detection and long term forecasting of the appearance of blooms of the species producers of domoic acid.

Until now samples from several points of the Province of Buenos Aires shore have been analyzed, and in some of them species of the *Pseudonitzschia* genus have been detected. *P. australis*, *P. multiseriata*, *P. pseudodelicatissima* and *P. pungens* (Grunow ex Cleve)

Fig. 4. Especie no toxigénica, *Pseudonitzschia pungens*. Parte central de la valva mostrando dos hileras de poroides.

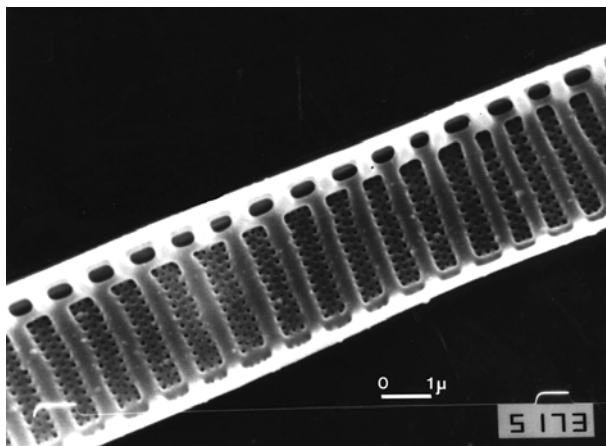
Fig. 4. Non toxicogenic species, *Pseudonitzschia pungens*. Central part of the valve showing striae with two poroids rows.

Asimismo se inició el análisis crítico de los materiales citados en Argentina como *Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützinger. A partir del estudio con microscopio electrónico de barrido de dichos materiales, consideramos que los ejemplares de la laguna La Amarga corresponden a *A. coffeaeformis*, no así aquellos citados por nosotros para Mar del Plata, los cuales corresponden a la especie *Amphora hybrida* Grunow, muy cercana morfológicamente a la anterior. Estos resultados serán presentados en la VIII International Conference on Harmful Algae, Vigo 1997.

La concreción de estas investigaciones nos permitirá quedar en condiciones de dar a las autoridades las herramientas técnicas para tomar decisiones rápidas y fundadas que permitan proteger la salud humana, los recursos pesqueros y las economías costeras.

REFERENCIAS REFERENCES

HALLEGRAEFF, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2): 79-99.



- LUNDHOLM, N., J. SKOV, R. POCKLINGTON & O. MOESTRUP. 1994. Domoic acid, the toxic amino acid responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *Pseudonitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Europe. *Phycologia*, 33(6): 475-478.
- MARANDA, L., R. WANG, K. MASUDA & Y. SHIMIZU. 1990. Investigation of the source of domoic acid, in mussels. In: Toxic Marine Phytoplankton. E. Granelli et al. (eds.). Elsevier Science Publishing Co.: 300-304.
- VILLAC, M.C., D.L. ROELKE, T.A. VILLAREAL & G.A. FRYXELL. 1993. Comparison of two domoic acid-producing diatoms: a review. *Hidrobiologia*, 269/270: 313-324.

Hasle have been determined with the electronic and optical microscope analysis. The three first species are potential producers of ASP. P. pungens (Grunow ex Cleve) Hasle has been quoted as a producer of domoic acid, but we consider necessary that this finding is confirmed so as to include it between the taxa producers of the neurotoxine.

While microplankton samples were taken, specimens of Mesodesma mactroides Deshayes were collected as a possible toxine vector. The appearance of the Pseudonitzschia species in the mussel digestive tract and in the phytoplankton samples of

the site lead us to the conclusion that these diatoms are part of the bivalves diet.

These results were presented at the VI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR), Mar del Plata, (October 23-27) and they were discussed at the II Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica (COI, UNESCO, INIDEP).

At the same time the critical analysis of the materials quoted in Argentina as Amphora coffeaeformis began. Studying these materials with the SEM, we consider that the specimens of the lagoon La Amarga correspond to A. coffeaeformis, while those we quoted for Mar del Plata correspond to the species Amphora hybrida Grunow, both species being morphologically close. These results will be presented in the VIII International Conference of Harmful Algae, Vigo, 1997.

This research will allow us to give the authorities the technical tools for rapid and well grounded decisions that will permit the protection of human health, the fishing resource and the shores economies.

Nota: Recientemente ha sido detectada la presencia de ácido domoico en cultivos de *Pseudonitzschia pungens* var. *pungens*, especie hasta ahora señalada como no tóxica.

Note: Domoic acid has been recently detected in *Pseudonitzschia pungens* var. *pungens*, which had been considered as a non-toxic species until now.

EL POBLAMIENTO TEMPRANO DEL CENTRO-NORTE DE MENDOZA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL PASADO

Alejandro García

Dr. en Historia, Universidad Nacional de Cuyo (1997). Investigador del CONICET desde 1999. Vice-presidente 1º del Consejo Provincial de Arqueólogos. Mendoza. Secretario del Centro Interdisciplinario de Estudios Regionales (CEIDER – UNCuyo). Miembro del Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo (UNSJ). Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Antropología. Miembro del Consejo Provincial de Patrimonio Cultural de la Provincia de Mendoza. Profesor en la Universidad Nacional de Cuyo.

Doctor in History, UN Cuyo (1997). Researcher of CONICET since 1999. Vice-president of the Consejo Provincial de Arqueólogos, Mendoza. Secretary of the Centro Interdisciplinario de Estudios Regionales (CEIDER-UNCuyo). Member of the Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo (UNSJ), of the Sociedad Argentina de Antropología, and of the Consejo Asesor del Patrimonio Cultural de la Provincia de Mendoza. Professor at the UNCuyo.

(English version by M.E. Soler)

THE FIRST INHABITANTS OF CENTRAL AND NORTHERN MENDOZA AND THEIR RELATIONSHIP TO PAST ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Alejandro García

En general se considera que las primeras sociedades americanas eran altamente dependientes de las condiciones ambientales, debido a que su economía se apoyaba básicamente en la caza y la recolección y a que su nivel tecnológico no les permitía modificar su medio de manera significativa (Messerli et al., 2000). Recientes estudios vinculados con los primeros pobladores del centro-norte de Mendoza, permiten conocer algunos aspectos de estas sociedades y de su relación con el entorno, e ilustrar el estado de discusión de algunos problemas de la arqueología local cuya resolución requiere el análisis de variables ambientales.

EL POBLAMIENTO INICIAL

Los primeros pobladores de la región cuyana ingresaron hace unos 11.000 años C¹⁴ (radiocarbónicos), que equivalen a unos 12-13.000 años calendáricos. En Mendoza se han hallado dos sitios arqueológicos que fueron ocupados por estos grupos: el alero Agua de la Cueva, ubicado en la zona precordillerana, y la Gruta del Indio, localizada en el Rincón del Atuel (San Rafael). El

conjunto de restos arqueológicos de Agua de la Cueva es más numeroso y permite conocer algunos aspectos de estas antiguas. Por ejemplo, los restos faunísticos recuperados indican que durante su estadía en el sitio estos grupos subsistían principalmente de la caza del guanaco. La mayor parte de los instrumentos de piedra hallados en el sitio parecen relacionarse con el trozamiento de estos animales y con la manufactura de sus cueros para la confección de vestimentas o paravientos. Asimismo, se han hallado restos de numerosos fogones utilizados para la elaboración de alimentos. Los movimientos de estos grupos durante la ocupación del alero (para cazar, buscar rocas para hacer instrumentos, recolectar huevos de ñandú, etc.) parecen haberse restringido a sólo 3 ó 4 kilómetros en torno al sitio. La falta de limpieza y de estructuración del espacio indicarían que estas estadías no eran muy prolongadas; según este patrón, sitios como Agua de la Cueva formaban parte de una amplia red de lugares que no sólo se distribuían por la zona montañosa sino también por el piedemonte y la llanura del

It is generally considered that the early American societies were highly dependent on environmental conditions as the basic support of their economy was hunting and gathering and their technological level did not allow them to significantly modify the environment (Messerli et al., 2000). Recent studies linked to the first inhabitants of the north-center of Mendoza have provided an insight about some aspects of these societies and their relation with the environment. The studies have also shown the state of art of some of the local archaeology problems, which resolution requires the analysis of environmental components.

THE EARLY PEOPLING

The first inhabitants of the Cuyo region arrived ca. C¹⁴ (radiocarbon) 11,000 years ago, equivalent to 12 - 13,000 calendar years. Two archaeological sites have been found in Mendoza that were occupied by these groups: the Agua de la Cueva shelter, located at the precordilleran region, and, Gruta del Indio, at the San Rafael Block. The archaeological remains at Agua de la Cueva are more numerous and

inform about some aspects of these ancient human occupations. For instance, faunal remains indicate that these groups lived mainly on guanaco hunting while staying at the site. Most of the lithic artifacts found at the site seem to relate with the cutting of animals and with manufacturing of their leathers for dressing or as windbreaks. Likewise, remains from numerous hearths used for food preparing were uncovered. The groups movements during their permanency at the shelter—for hunting, to search for stones for their artifacts, to gather ñandú eggs, etc.— appear to have been restricted to only 3 or 4 km around the site. The absence of clearness and of arrangement of internal space would indicate that their sojourns were not lengthy. According to this pattern, sites like Agua de la Cueva were part of wide nets of sites that were not only distributed through the mountainous region but also over the piedmont and plain areas of central and northern Mendoza. In fact, it is quite probable that as the shelter is at almost 3,000 m a.s.l. and the environmental conditions would have been colder and more humid than presently

centro y el norte de Mendoza. De hecho, es muy probable que debido a que el alero está ubicado a casi 3.000 metros de altura y a que las condiciones ambientales habrían sido más frías y húmedas que en la actualidad (Páez et al., 2000), las ocupaciones precordilleranas sólo fueran estivales.

En los sectores más bajos probablemente se desarrollaban otras actividades como la recolección de frutos de algarrobo y chañar y la caza de varias especies de animales que se extinguieron entre aproximadamente 12 y 8.000 años C¹⁴ AP (antes del presente). El registro arqueológico de la Gruta del Indio brinda algunos indicios de la relación del hombre con esos animales, entre los que se encontraban un antecesor del caballo moderno (*Hippidion* sp.) y varias especies de perezosos (*Mylodon* sp. y *Megatherium* sp.; Lagiglia 1977). Según este autor, el hombre habría explotado esta fauna en la gruta, contribuyendo decisivamente a su extinción.

Precisamente éste es uno de los dos temas que mejor ilustran el estudio de las relaciones entre el hombre y el medio. La extinción de estos grandes animales (la "megafauna pleistocénica") coincide temporalmente con la aparición del hombre y con el inicio de condiciones ambientales distintas a las de las épocas glaciales. Para algunos autores, el hombre habría sobreexplotado esta fauna, produciendo su desaparición; para otros, los cambios ambientales hacia condiciones más secas y cálidas habrían sido tan significativos que la megafauna no habría podido adaptarse. Finalmente, posiciones intermedias señalan la participación de ambos factores.

Los datos obtenidos hasta el momento en los Andes Centrales argentino-chilenos no indican una vinculación importante entre el hombre y la megafauna extinta (como sí se observa con el guanaco). El registro geológico, arqueológico y paleoecológico de la Gruta del Indio y adyacencias brinda una excelente oportunidad para estudiar aisladamente la influencia de determinados componentes ambientales. Según los estudios polínicos previos (D'Antoni, 1983) en el área del Rincón del Atuel habría predominado una vegetación similar a la patagónica hasta hace unos 10.000 años C¹⁴. A partir de ese momento la vegetación patagónica habría sido mayormente reemplazada por otra similar a la actual, correspondiente al Monte. Por lo tanto cabe suponer que ese cambio en la vegetación pudo ocasionar una modificación de la dieta de la megafauna, y si este cambio fue negativo, pudo contribuir a la extinción de estos animales. Para evaluar esta alternativa se realizaron análisis microscópicos de tejidos de restos de plantas preservadas en excrementos de megafauna extinta de la Gruta del Indio fechados entre unos 31.000 y 9.000 años C¹⁴ AP. Los resultados indican que la dieta se basó fundamentalmente en especies arbustivas grandes como *Prosopis* sp. (algarrobo) y *Senna aphylla* y que su composición no habría sufrido cambios importantes que permitan considerarla como un factor significativo en el proceso de extinción (Borghi et al., 2001). Sin embargo, existen otras variables ambientales que sí pudieron influir en ese proceso. Por ejemplo, en el interior de la Gruta del Indio se han registrado evidencias de por lo menos cuatro erupciones volcánicas para los últimos 9.000 años (Lagiglia, 1977) y en

(Páez et al., 2000), these precordilleran occupations were restricted to the summer.

*Most probably the lower sectors were the scenario for developing other activities, such as gathering of algarrobo and chañar fruits, and hunting of several animal species that became extinct approximately between C¹⁴ 12 and 8,000 years BP (before present). The archaeological record at Gruta del Indio affords some clues on the relation between man and those animals, among which there was a predecessor of the modern horse (*Hippidion* sp.) and several sloths species (*Mylodon* sp. and *Megatherium* sp.; Lagiglia 1977). According to this author, men would have exploited this fauna in the shelter, making a decisive contribution to their extinction.*

This is precisely one of two issues that better illustrate the local study on the man-environment relationship. The extinction of these big animals ("Pleistocene megafauna") chronologically coincides with both the appearance of man and the beginning of environmental conditions different from those of glacial times. For some authors, man would have overkilled this fauna, provoking its disappearance. For others, environmental changes toward drier and warmer conditions would have been so marked that the megafauna could have not adapted successfully. Finally, intermediate positions point at both factors participating.

The geological, archaeological and palaeoecological record from Gruta del Indio locality offers an excellent opportunity to study the influence of isolated environmental components. As per previous pollen studies (D'Antoni, 1983) some C¹⁴ 10,000 years ago in the Rincón del Atuel area the predominant vegetation would

*have been similar to that of present Patagonia. Since then, this vegetation would have been replaced by other similar to that of present day corresponding to the Monte. Therefore, this change of vegetation could have modified the megafauna diet and if the change was negative, it could have contributed to the extinction of these animals. To test this alternative microbistological analyses were performed on extinct megafauna excrementa from Gruta del Indio, dated between ca. 31,000 and 9,000 C¹⁴ years BP. Results indicate that the diet was mainly based in large shrubby species like *Prosopis* sp. (algarrobo) and *Senna aphylla*, and that the composition would have not undergone important changes leading to regard it as a significant factor in the extinction process (Borghi et al., 2001). However, there are other environmental variables that could have had a part in that process. For example, there is record of at least four volcanic eruptions for the last C¹⁴ 9,000 years inside Gruta del Indio (Lagiglia, 1977), and, two thick tephra layers have been found in the area (the most recent one corresponding to the Descabezado-Quizapu eruption of 1932). Such records indicate that the regional volcanism could have eventually played an important role in the megafauna extinction, and its analysis can add to a more precise knowledge of the regional characteristics of the process and to determine the causes behind it.*

Other important topic related to the early local occupations is the appearance of environmental changes that would have facilitated man's entrance in the area. Despite the time of arrival of the first human groups being approximately known whereby they entered

el área se han localizado dos espesas capas de cenizas volcánicas (la más reciente corresponde a la erupción del Descabezado –Quizapú– en 1932). Estos registros indican que el vulcanismo regional pudo eventualmente jugar un papel importante en la extinción de la megafauna, y su análisis puede contribuir a conocer con mayor precisión las características regionales de aquel proceso y a determinar sus causas.

El otro tópico que refleja la relación entre las ocupaciones tempranas y el medio es la aparición de cambios ambientales que pudieran facilitar la entrada humana al área. Si bien se conoce aproximadamente la fecha de arribo de los primeros grupos humanos, no se ha determinado aún por dónde ingresaron. La entrada pudo realizarse desde la propia vertiente oriental de los Andes, es decir, desde algún sector ubicado en territorio argentino. Si bien no se han hallado aún datos que respalden esta opción, es probable que existan sitios antiguos aún no descubiertos y que muchas evidencias de asentamiento temprano hayan sido destruidas o sean muy difíciles de detectar (por ejemplo, por estar cubiertas por varios metros de sedimentos en la zona de llanura). La otra alternativa es la entrada desde el oeste, es decir, desde el actual territorio de Chile. Ambas probables áreas de ingreso son muy distintas. La oriental presenta una gran extensión territorial, que implica grandes distancias a recorrer y que brinda una diversidad de rumbos alternativos a seguir durante la exploración de nuevos territorios. También exhibe una gran multiplicidad de accidentes geográficos que pueden influir en las rutas escogidas. El tiempo requerido para acceder

a la región desde la banda oriental andina depende también de algunos factores sociales muy poco conocidos, como el número de habitantes y el tipo de organización social. La entrada oriental, asimismo, debió producir un conjunto de sitios antiguos en áreas cercanas (por el norte, el este o el sur). Estos sitios de mayor o igual antigüedad que los de Mendoza no han sido hallados en las áreas adyacentes de la vertiente oriental, pero sí existirían en el lado chileno (e.g. Núñez et al., 1994), lo que otorgaría cierta ventaja a la alternativa de la entrada occidental. Teniendo en cuenta que el territorio chileno es una angosta y larga franja con límites muy claros (el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes) cabe suponer que, a diferencia de lo expuesto para la vertiente oriental, el rumbo predominante para el poblamiento del lado chileno debió ser norte-sur. Este movimiento pudo ser relativamente rápido no sólo por la reducida extensión territorial sino también por la presencia de zonas desérticas y semiáridas en el norte chileno que pudieron alentar la búsqueda de nuevos territorios menos inhóspitos hacia el sur.

Otro factor que pudo contribuir fue la presencia de grandes masas de glaciares cordilleranos que impedían el paso hacia el este. Si se considera una entrada relativamente tardía a América por el estrecho de Bering, entre 12 y 14.000 años C¹⁴ AP, es posible que los más antiguos registros culturales del sur de Chile –c.11-12.500 años C¹⁴ AP– se relacionen con ese rápido tránsito longitudinal a través de la vertiente occidental andina. El tránsito a través de la cordillera en las latitudes correspondientes al centro y norte de la frontera argentino-chilena podría ser posterior a

remains undetermined. It could have been from the same eastern slope of the Andes, i.e. from some sector on Argentine territory. Although data supporting this option have not been found, it is probable that ancient sites not yet discovered do exist, and that evidence of early peopling has been destroyed or is very difficult to detect (perhaps because they are covered by thick sediment layers in the plains). The other alternative entry is from the west, from the present Chilean territory. Both probable entry areas differ greatly. The eastern one presents an enormous territorial extension, implying large travelling distances and a diversity of alternative routes to follow while exploring new lands. It also exhibits a multiplicity of geographic features that can have influenced the selection of the routes. The time required to accessing the region from the eastern Andean strip depends also on some not much known social factors, like the size of the group and the type of social organization. The eastern entry, moreover, should have produced a number of ancient sites at nearby areas (to the north, east or south). These earlier or contemporary records have not been discovered on the eastern slope, but they would exist on the Chilean side (Núñez et al., 1994), granting a certain advantage to the western entry.

Taking into account that the Chilean territory is a narrow and long stretch of land with clear boundaries (the Pacific Ocean and the Andes Cordillera) it may be supposed that, contrary to diverse alternatives of the eastern slope, the predominant trend for peopling on the Chilean side must have been north-south. This movement could have been relatively fast not only because of the restricted territorial

extension but also because of the presence of desert and semiarid areas in northern Chile encouraging the search for less inhospitable lands towards the south.

Another contributing factor could have been the presence of huge masses of cordilleran glaciers hindering the path to the east. If a relatively late entry to America through the Bering Strait is considered between 12,000 and 14,000 C¹⁴ years BP, it is possible that the oldest cultural Chilean records from the south of Chile –ca. 11,400-12,500 C¹⁴ years BP– are related to that rapid longitudinal passing through the western Andean slope. The path through the Cordillera in the latitudes corresponding to the center and north of the Argentine-Chilean frontier could have been later than those occupations of the Chilean south, and they only could have happened with the melting of the ice, thus freeing the mountain paths. As per studies of the glaciers from Isla Grande of Chiloe, from the Distrito Lacustre Chileno and from the Río Mendoza, as well as sediment, pollen, algae, mollusks and macro-fossil analyses of the Laguna Taguatagua and the Quereo site (Chilen central zone), this process linked to warmer conditions could have begun about 14,000 C¹⁴ years ago. Historical documents related to the Spanish conquest depict the great obstacles involving the trans-cordilleran journey in the 16th Century (thousands of years after the opening of the passes; Olivares 1864), illustrating the risks of going through the Andes in pre-historical times. If this is the correct interpretation, environmental changes would have had a decisive role in the dynamics and chronology of the regional peopling, and thus, of Cuyo.

aquellas ocupaciones del sur chileno, y recién debió producirse cuando los hielos se derritieron y se abrieron los pasos montañosos. Según estudios de los glaciares de la Isla Grande de Chiloé, del Distrito Lacustre Chileno y del Río Mendoza, y análisis de sedimentos, polen, algas, moluscos y macro-fósiles de la laguna Taguatagua y del sitio Quereo (zona central chilena), este proceso, vinculado con condiciones más cálidas, pudo haber comenzado hace unos 14.000 años C¹⁴ AP. Fácil es percatarse de los obstáculos que presentaba el paso de los Andes en tiempos prehispánicos si se tienen en cuenta los registros históricos vinculados con la conquista española de la región, que dan prueba de las grandes dificultades que se les presentaron a los conquistadores en el siglo XVI, o sea después de miles de años después de la apertura de los pasos (Olivares, 1864). Si este esquema interpretativo es correcto, los cambios ambientales habrían tenido un papel decisivo en la dinámica y cronología del poblamiento regional y por ende, en el de Cuyo.

CAMBIO CULTURAL Y ARIDEZ CRECIENTE EN EL HOLOCENO MEDIO

Al igual que en el caso anterior, es llamativa la coincidencia cronológica entre el comienzo de las condiciones progresivamente más áridas que según diversos autores caracterizaron al Holoceno medio (8-4000 años C¹⁴ AP) y el marcado cambio tecnológico observado durante la transición Holoceno temprano-medio. Este cambio se reflejó en nuevos estilos de artefactos (puntas de proyectil, raspadores, etc.), reducción de tamaño del instrumental, diversificación de las rocas utilizadas

para la elaboración de instrumentos, adopción de nuevas armas (i.e. el propulsor), etc. Este cambio podría relacionarse con las características de las fuentes de materias primas líticas y con la necesidad de mayor eficiencia tecnológica. Si bien no se conoce su incidencia, la extinción de la megafauna y el probable desecamiento de fuentes de agua (fenómeno observado aún en la actualidad) pueden haber estado muy relacionados con este proceso.

En áreas vecinas la aridización del Holoceno medio coincide con una fuerte disminución de la ocupación humana (Neme et al., 2001). Para investigar estos casos es conveniente ampliar la extensión espacial del estudio y analizar estas situaciones con relación a las registradas en otras áreas (por ejemplo algunos sectores del Valle de Uco) donde aquel impacto parece haber sido menor. De manera similar, se ha propuesto la existencia de ecorrefugios, esto es, oasis ambientales con condiciones favorables para la ocupación humana que pudieron minimizar los riesgos de supervivencia frente a fenómenos climáticos adversos de larga duración (Núñez et al. 2001). Para comprender mejor estas alternativas debe avanzarse decisivamente en el análisis de aspectos culturales muy variados, como los cambios en la ubicación y uso de los asentamientos humanos, las creencias de cada grupo (las cuales con frecuencia influyen marcadamente en las decisiones sociales) y la organización social y política de estas sociedades. Otra propuesta a analizar es la de sustitución de poblaciones, planteada en principio por Gambier (1976), según la cual los cambios en el registro arqueológico reflejan un cambio de los grupos humanos

CULTURAL CHANGE AND GROWING ARIDITY IN THE MIDDLE HOLOCENE

Like in the former case, the chronological coincidence between mid-Holocene growing aridity and the marked technological change of early/mid-Holocene transition is very suggestive. This change is reflected in a new style of artifacts (e.g. projectile points and scrapers), in the reduction of their size, in the higher diversity of lithic raw material, and, the adoption of new weapons (i.e., the spearthrower). This could be related to the features of local fine-grained lithic raw material sources and to the need for improved technologic efficiency. Despite the fact that the way their influence acted on remains unknown, the megafauna extinction and probable drying of mountain springs could also be related to those technologic changes.

In the neighbouring areas the growing aridity in the mid-Holocene coincides with a strong decrease in human occupation (Neme et al., 2001). In such cases it is convenient to extend the spatial scale of the study and to analyze them in relation to those of surrounding areas (like in Valle de Uco) where seemingly, the impact was lower. Similarly, the existence of eco-refuges (environmental oases with favorable conditions for human occupation that allowed minimizing survival risk when facing prolonged climatic phenomena) has been proposed by Núñez et al. (2001). For a better understanding of these alternatives there must be an improved knowledge on a diversity of cultural aspects, such as changes in the location and use of human settlements, the beliefs of each group – frequently having a marked

influence on the social decisions-, and the social and political organization of these societies. Another proposal to be analyzed is the substitution of populations, firstly posed by Gambier (1976), according to which the changes in the archeological record reflect a replacement in human groups inhabiting the area. This idea has been recently renewed within the context of the study of metapopulations. Finally, a significant datum related to the subject is that even though the prolonged aridity process (between 8,000 and 4,000 C¹⁴ years ago) could have created difficulties for subsistence (there actually exist some signs of intensified plant consume, such as the appearance of grinding artifacts), the situation would have not led to the development of agricultural work that seems to have begun much later (between 3,000 and 2,000 C¹⁴ years BP).

FINAL REMARKS

Archaeological research at the center-north of Mendoza yields clues on the relation between local human societies and the environment during the last 11,000 C¹⁴ years. The consideration of the environmental aspects in the local archaeological studies has been significantly increased during the last decade. Mostly, the specific studied problems are linked to noticeable changes at cultural or ecological level spanning secular scale periods (i.e. receding of glaciers, extinction of the megafauna, lengthy arid periods, and appearance of agriculture). Besides, in spite of the marked chronological coincidences between them, explanations about the relationship between natural and cultural processes exhibit a relatively low level of resolution. Therefore, among the future main challenges for this kind of research, a

que habitaban el área. Esta idea ha sido revitalizada actualmente en el marco de los estudios de metapoblaciones. Finalmente, un dato importante vinculado con el tema es que si bien el prolongado proceso de aridización (durante 3 ó 4.000 años) pudo crear dificultades para la subsistencia (de hecho existen algunos indicios de intensificación del consumo de plantas, como la aparición de instrumentos de molienda), la situación no habría derivado en el desarrollo de prácticas agrícolas, las cuales parecen haberse iniciado mucho después (entre 3.000 y 2.000 años C¹⁴ AP).

CONSIDERACIONES

FINALES

Las investigaciones arqueológicas del centro-norte de Mendoza permiten rastrear la relación entre las sociedades humanas locales y el medio durante los últimos 11.000 años C¹⁴. En la última década se ha

incrementado de manera importante la consideración de los aspectos ambientales en los estudios arqueológicos locales. En general los problemas específicos estudiados se vinculan con cambios notables a nivel cultural o ecológico (e.g. el retroceso de los glaciares, la extinción de la megafauna, extensos períodos de aridez, la aparición de la agricultura), que frecuentemente abarcan un período cronológico de escala secular. Además, a pesar de las marcadas coincidencias cronológicas entre ambos, predomina un grado de resolución explicativa relativamente bajo. En consecuencia, entre los principales desafíos futuros se encuentran la identificación y búsqueda de indicadores precisos que permitan disminuir la escala temporal y determinar nexos causales entre las conductas humanas y los fenómenos naturales.

prominent place must be granted to identifying and searching of proxy-data to diminish the time scale and to determine the causal nexus between human behavior and environmental phenomena.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- BORGHI, C.; S. GIANNONI, M. DACAR, E. MARTÍNEZ CARRETERO y A. GARCÍA. 2001. Análisis paleoambiental y dieta de megaherbívoros extintos para el período 30-9.000 años C¹⁴ AP (Gruta del Indio, Mendoza, Argentina). Pres. a XVI Jornadas de la Sociedad Argentina de Estudios de Mastozoología (SAREM). Mendoza.
- D'ANTONI, H. 1983. Pollen analysis of Gruta del Indio. In: Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 1:83-103.
- GAMBIER, M. 1976. Ecología y Arqueología de los Andes Centrales Argentino-Chilenos. Publicaciones 3: s.p. IIAM - UNSJ.
- LAGIGLIA, H. 1977. Arqueología y ambiente natural de los valles del Atuel y Diamante. Tesis doctoral inédita. Fac. Cs. Nat. y Museo, UNLP.
- MESSERLI, B.; M. GROSJEAN, Th. HOFER, L. NÚÑEZ y C. PFISTER. 2000. From nature-dominated to human-dominated environmental changes. Quaternary Sciences Reviews, 19:459-479.
- NEME, G. y A. GIL. 2001. El patrón cronológico en las ocupaciones humanas del Holoceno medio del sur mendocino. Implicancias para el poblamiento humano en áreas áridas y semiáridas. Libro de resúmenes: 253-254. XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Rosario.
- NÚÑEZ, L.; J. VARELA, R. CASAMIQUELA y C. VILLAGRÁN. 1994. Reconstrucción multidisciplinaria de la ocupación prehistórica de Quereo, centro de Chile. Latin American Antiquity, 5(2):99-118
- NÚÑEZ, L.; M. GROSJEAN e I. CARTAGENA. 2001. Ecorrefugios y ocupaciones humanas durante eventos áridos del Holoceno medio: ¿un efecto local o macro regional? (Puna de Atacama). Libro de resúmenes: 248. XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Rosario
- OLIVARES, M. de. 1864. Historia Militar, Civil y Sagrada de Chile. En: Colección de Historiadores de Chile y Documentos Relativos a la Historia Nacional, T. IV. Imprenta del Ferrocarril. Santiago de Chile.
- PÁEZ, M.; M. ZÁRATE, V. MANCINI y A. PRIETO. 2000. Paleoambientes durante la transición Pleistoceno-Holoceno en el centro y sur de Mendoza. Resúmenes: 28. Taller Internacional La Colonización del Sur de América durante la Transición Pleistoceno/Holoceno. La Plata.

PROCESOS DE OCUPACIÓN PREHISTÓRICA Y CAMBIO AMBIENTAL EN LA PLANICIE NORESTE DE MENDOZA: PERSPECTIVAS DESDE LA ARQUEOLOGÍA

PROCESSES OF PRE-HISTORICAL SETTLEMENT AND ENVIRONMENTAL CHANGE IN THE NORTHEASTERN PLAIN OF MENDOZA: PERSPECTIVES FROM ARCHEOLOGY

Horacio Chiavazza

Horacio Chiavazza

Licenciado en Historia UNCUYO Mendoza. (1996) Magister en Arqueología Social Iberoamericana, España 2000). Actualmente es becario de Formación de Posgrado del CONICET. (Ianíglá, Crícyt.). Realiza sus estudios de Doctorado en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLPlata Bs As. (desde 1998). Profesor de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNCuyo (JTP en la cátedra: Ambiente y Cultura en América Prehispánica).

Licentiate in History, UNCuyo Mendoza. (1996) Magister in Iberoamerican Social Archaeology, Spain (2000). At present he is holding a fellow ship from Post-Graduate Formation from CONICET. (Ianigla, Crícyt.). Studies for a Ph Degree, Faculty of Natural Sciences and Museum UNLPlata Bs As. (from 1998). Assistant Teacher of the Chair "Environment and Culture in Pre-hispanic America" at Faculty of Ph & Letters UNCuyo.

(English version by Silvia M. Cattani)

El objetivo del presente trabajo es discutir desde la Arqueología algunas evidencias sobre la ocurrencia de variaciones climáticas en el noreste de Mendoza durante el Holoceno Tardío. La investigación se desarrolla en la planicie árida del noreste provincial y cubre una superficie aproximada de 15.000 km². La perspectiva geoarqueológica del trabajo implicó la consideración de las características bio y geomorfológicas regionales. El estudio cartográfico y de imágenes satelitales reveló la presencia de paleocauces pertenecientes a los ríos Mendoza y Tunuyán con trazados distintos a los actuales. Abraham y Prieto (1981) han demostrado, utilizando documentos históricos, que estos ríos durante los siglos XVI y XVII corrían unidos hacia el este. Se pretende con esta investigación verificar, usando la evidencia arqueológica, el comportamiento de los ríos mencionados en periodos prehistóricos, partiendo de la base de que los cambios de dirección de uno o de ambos cursos pudieron implicar situaciones climáticas diferentes durante el Holoceno

tardío. Al mismo tiempo se intenta proporcionar explicaciones relacionadas con el comportamiento humano prehispánico en el área (Chiavazza, 1999, 2001).

En un ambiente árido como el de la planicie NE de Mendoza, la presencia de los paleocauces, sugiere que las condiciones hídricas hicieron posible el poblamiento del área en el pasado. La existencia de sitios arqueológicos en sus márgenes, demuestra que la disponibilidad de agua era el requisito necesario para el sostenimiento de poblaciones.

Teniendo en cuenta las características de aridez general del ambiente, se realizó una clasificación de la estructura de recursos necesarios para la organización del asentamiento en críticos, fluctuantes (vegetales) y fijos (minerales). El agua se definió como crítico por lo cual la estructuración del asentamiento humano en la prehistoria y la organización de la movilidad, habría girado en gran medida en torno a su disponibilidad. Por otra parte, el ambiente de la planicie

The purpose of this work is to discuss, from the point of view of Archaeology, some evidences of the occurrence of climatic variations in the northeast of Mendoza during the Late Holocene Period. The research is carried out in the arid, northeastern provincial plain and covers an approximate area of 15,000 km². The geoarchaeological perspective of the research implied taking into account bio and geomorphological regional characteristics. The cartographic and satellite image survey revealed the presence of paleocauces (paleocauces) of Mendoza and Tunuyán rivers with a course different from which they present nowadays. Abraham and Prieto (1981) have demonstrated, through historical documents, that these rivers flowed together to the east in the XVI and XVII centuries. This research intends to prove, through archaeological evidence, the behaviour of those rivers in pre-historical periods, on the basis that changes of direction of one or both courses could imply different climatic situations during the Late Holocene period.

At the same time, it is intended to provide some explanations in relation to the pre-hispanic human behaviour in the area (Chiavazza 1999 and 2001).

In an arid environment such as in the northeastern plain of Mendoza, the presence of paleobeds suggests that the hydraulic conditions made possible the human settlement of the area in the past. The existence of archaeological sites on its margins demonstrates that the availability of water was the necessary requirement for the sustenance of human clusters.

Having into account the characteristics of the general aridity of the environment a classification of the structure of the necessary resources for the organization of the settlement was made in critical, fluctuating (vegetable) and fixed (mineral). Water was defined as critical, so the arrangement of the human settlement in Pre-history and the organization of mobility would have been especially focused on its availability. On the other hand, the environment of the plain involves distinct areas according to the way in which

involucra áreas diferenciadas según el modo en que estos recursos se combinan entre sí. Estas áreas comprenden: lagunas (sólo temporaria y excepcionalmente con agua actualmente), médanos y cauces de río (actuales, subactuales y paleocauces).

En esta propuesta se ha considerado al espacio como estructurado en parches de recursos que se interrelacionan a través de corredores que bordean los cursos de los ríos y forman redes que hacen del paisaje una unidad distintiva y mensurable. Estos corredores son ecológicamente eficaces para los movimientos poblacionales e influyen en la organización del asentamiento humano (Forman y Gordon, 1981, 1986). De este modo, la evaluación del registro arqueológico contribuye a explicar el asentamiento humano en ambientes actualmente áridos pero con relictos de cursos de agua.

El caudal de los ríos en la planicie depende de las nevadas invernales en cordillera; por lo que la evaluación de los paleocauces, su trazado y magnitud posibilitan entender indirectamente bajo que condiciones climáticas se emplazaron las comunidades humanas en sus adyacencias.

Se pueden considerar a los paleocauces del NE como expresión de la variable situación climática experimentada en el norte de Mendoza. El volumen del caudal de los ríos depende de la acumulación invernal de nieve en cordillera y su fusión en verano. Veranos frescos habrían implicado menor derretimiento níveo, generando menor volumen de caudales. A su vez, en la planicie, condiciones más secas sumadas a la acción

eólica pudieron haber generado acumulaciones sedimentarias en los cauces. En períodos con veranos más cálidos en la cordillera, al recibir los cauces aportes torrenciales de agua derivada de la mayor fusión de nieve, habrían experimentado cambios en sus trazados. Las cronologías de los descubrimientos arqueológicos en las márgenes de los paleocauces indican que se produjeron cambios climáticos en el sentido mencionado en el Holoceno tardío.

Es factible que los cauces hoy secos dispusieran de agua en períodos pre y post hispánicos. Esta conclusión resulta del estudio de los asentamientos descubiertos en las márgenes y zonas aledañas a los mismos. A la fecha han sido intervenidos un total de 48 puntos arqueológicos o sitios en toda el área (paleocauces y sectores lacustres). Los materiales arqueológicos evaluados dan cuenta de grupos asentados en los entornos de los cauces temporarios entre 1000 y 700 años atrás. La cronología estimada preliminarmente por la tipología cerámica (adscrible a Cultura de Agrelo), fue luego corroborada por el ^{14}C y la termoluminiscencia, (ver **Tabla 1**; Chiavazza 1999 y 2001-).

Las características y cantidad de materiales arqueológicos dan cuenta de la intensidad ocupacional registrada en los diferentes sitios.

Por otra parte, la diversidad de los contextos arqueológicos (Culturas de Agrelo y Viluco, períodos incaico y colonial) en términos regionales y en asociación a rasgos geomorfológicos que indican escenarios paleoambientales distintos al actual, enriquecen el conocimiento del comportamiento humano en torno a las variaciones climáticas. Los

these resources are combined. These areas comprise lagoons (only temporary and exceptionally with water nowadays), dunes and river beds (current, not so current and paleobeds).

In this proposal, space has been considered as structured in a patchwork of resources which are interrelated by means of corridors bordering the course of the rivers and form networks which make the landscape be a distinct and measurable unity.

These corridors are ecologically appropriate for the settlements mobility and influence in the organization of the human cluster. (Formand and Gordon, 1981, 1986). In this way, the evaluation of the archaeological record contributes to explain the human settlement in areas which, at present, are arid but with relics of river beds.

The flow of the rivers in the plain depends on the winter snowfalls on the mountain range, reason by which the assessment of the paleobeds, their flowing and magnitude facilitate to understand indirectly under which climatic conditions human communities were established in their adjacent areas.

The paleobeds from the NE can be considered as an expression of the variable climatic situation experienced in the north of Mendoza. The volume of the rivers depends on the winter accumulation of snowfall on the mountain range and its melting in the summer. Cold summers could have implied less snow melting, generating less volume of the flow. While, on the plain, more arid conditions together with the eolic action could have generated sedimentary accumulations in the river beds. During warmer summers on the mountain, the river

beds received torrential amounts of water coming from the highest snow melting, and so, they could have experienced changes in their flowing. The chronologies of the archaeological discoveries on the margins of the paleobeds indicate that climatic changes occurred in the direction mentioned in the Late Holocene.

*It is feasible that the river beds, which today are dry, could have water in pre and post hispanic periods. This conclusion comes out of the study of the settlements discovered on their margins and neighbouring areas. Up to the present a total of 48 archaeological points or sites in the whole area (paleobeds and lacustrine sectors) have been examined. The archaeological materials evaluated account for groups established in the surroundings of the temporary river beds between 1.000 and 700 years ago. The chronology estimated preliminarily by the ceramic typology (attachable to Agrelo's culture) was later corroborated by techniques such as ^{14}C and the thermoluminescence, (see **Table 1**; Chiavazza, 1999, 2001).*

The characteristics and quantity of archaeological material account for the occupational intensity in the different places.

On the other hand, the diversity of the archaeological contexts (cultures of Agrelo and Viluco, incaic and colonial periods) in regional terms and in association with geomorphological features that indicate paleoenvironmental scenarios different from the present time, enrich the knowledge of the human behaviour in relation to the climatic variations. The apparatuses analyzed according to the technology of

artefactos, analizados según la tecnología de fabricación empleada, el origen de las materias primas de confección y la función inferida, sumada a restos de oseos de fauna arqueológica, permiten entender procesos de trabajo y sistemas económicos del pasado. Las características de su manifestación y la cantidad de elementos materiales están indicando la intensidad ocupacional de determinados puntos arqueológicos de la región en diferentes períodos.

Los habitantes prehistóricos de la planicie explotaron además, recursos provenientes de otros ecosistemas, como la precordillera o las sierras pampeanas (fundamentalmente materias primas líticas y fauna como ñandú y guanaco), que complementaban con recursos propios del ambiente de la llanura (pesca, caza menor y recolección –en especial de Algarrobo). A su vez, se detectó la presencia de productos de las tierras bajas en sitios de precordillera, como restos de pescados en el

sitio Rincón de los Helados (700 años AP) (Chiavazza, 1995). También se ha encontrado huesos de venado de las pampas (actualmente extinto en la zona) en contextos tardíos del valle de Mendoza (área fundacional de Mendoza; Chiavazza, 2000).

Todo indicaría que las sociedades del norte de Mendoza habrían mantenido un sistema de asentamiento extendido en el territorio, explotando recursos de diferentes ambientes en distintas estaciones del año. El proceso de ocupación de la planicie hace 800/1500 años AP, habría sido acompañado de un cambio de las actividades económicas, que implicó el mantenimiento de una economía centrada en la caza, recolección y pesca complementada con la agricultura y probablemente con el pastoralismo. Es posible que el aumento demográfico haya llevado a la exploración y colonización de las tierras bajas. A la larga esto coincidiría con una creciente

manufacturing used, the origin of the raw materials and the function inferred, added to the remains of the bones of the archaeological fauna, permit to understand working processes and economical system of the past. The characteristics of its manifestation and the quantity of material elements are indicating the occupational density of particular archaeological points of the region in different periods.

The pre-historic inhabitants of the plain also exploited resources coming from other ecosystems, such as the precordillera or the Pampa's low hills (mainly lithic raw materials and fauna such as American ostrich completed with the plain's own resources (fishing, hunting and gathering, especially of carob trees). Furthermore, the presence of products from the low lands in places of the cordillera was detected, such as remains of fish bones in a place called Rincón de los Helados (700 years AP) (Chiavazza 1995).

Some deer bones have been found (nowadays) an extinct species in the area) in late contexts of Mendoza Valley (Foundation Area of Mendoza; Chiavazza, 2000).

All this would indicate that societies from the north of Mendoza would have maintained a system of settlement extended in the territory, exploiting resources from different places in different seasons of the year. The settling process of the plain 800-1500 years AP ago, would have been accompanied by a change in the economical activities that implied the maintenance of an economy centered in hunting, gathering and fishing complemented with agriculture and probably with pastoral practices.

It is possible that the demographic increase could have led to the exploration and settlement of the low lands. In the long run this will coincide with an increasing social and political complexity.

Tabla 1. dataciones obtenidas en la planicie NE es el siguiente (Chiavazza, 2001)
Table 1. Data obtained in the NE plain (Chiavazza, 2001)

| Puntos Arqueológicos <i>Archaeological sites</i> | Lugar - Place <i>(denomina la localidad)</i> <i>(refers to location)</i> | Georreferencia <i>satelital</i> <i>Sat. Geo Reference</i> | ¹⁴C (informe R Bracco U.Rca Chile) Uruguay) AP=antes 1950 | TL (informe A.Román U.Católica, Chile) AP=antes 2000 |
|--|---|--|---|---|
| PA 1 | Balde de Piedra Paleocauce 3 Terraza sur | 33° 06' 15,4" LS 68° 04' 47,5" LO | | UCTL1294 990±100aP 1010±100 DC 910-1110DC |
| PA3 | Balde de Piedra Paleocauce 3 Terraza norte | 33°04'21,1"LS 68°05'40,7" LO | | UCTL1295 680±70AP 1320 DC 1250-1390DC |
| PA 14.1. | Pozo Verde Complejo Lagunar B | 32° 06' 23" LS 68° 07' 49" LO | (URU0240) 760±120 AP 1190±120 DC 1070-1310 Dc | UCTL 1298 710±70AP 1290 DC 1220-1360DC |
| PA 13.3. | San José Cauce actual Del río Mendoza | 32° 23' 7" LS 68° 14' 8" LO | (URU 0281) 1330±70 AP 620 dC 550-690dC | |

complejización social y política. Surgieron así, otros modos de estructurar el sistema de asentamiento-subsistencia. Nuevas nociones de territorialidad generaron una mayor estabilidad del asentamiento en determinados puntos del paisaje, aunque sin abandonar patrones de movilidad territorial relativamente altos.

En el período posterior, al 700 AP (1300 AD), desde el punto de vista cultural, la problemática pre inca y de ingreso incaico presenta la confluencia de nuevos condicionantes sociales que llevaron al desarrollo y consolidación de sistemas agrícolas y formaciones cacicales. Esto podría estar explicado por una redefinición de las redes sociales, que se manifiestan en la organización territorial. Ante la posible presión demográfica y el advenimiento de cambios ambientales se optó por nuevos modos de organizar la producción, básicamente a través de la reducción del movimiento en el territorio y la fijación residencial en determinados puntos del paisaje, lo que se acompañó por la intensificación de la producción agrícola, el procesamiento y almacenamiento de excedentes. Esta intensificación económica habría encontrado al sector NE, un ambiente lagunar, en un punto del crecimiento demográfico que será sostenido y base del período que seguirá: “de efectividad adaptativa” (sensu Abraham y Prieto, 1981: 126).

En el proceso de ocupación de las tierras bajas del NE de Mendoza, lo económico no es consecuencia excluyente de una actitud adaptativa instintiva de supervivencia, sino que es además el resultado de un proceso social de creciente complejidad. Se percibe una producción

económica con excedentes y de acumulación de recursos relacionada con la extensión del territorio de explotación y con la selección concreta de espacios para el asentamiento. Las distancias entre los asentamientos y las áreas de explotación de los recursos (animales, vegetales y minerales) se acrecentaron, pero no al azar, sino siguiendo una lógica, la del acceso a un recurso imprescindible, difícil de transportar y de disponibilidad crítica: el agua. Esta lógica inicialmente dirigía la movilidad y luego determinó la fijación residencial. De acuerdo con las variaciones climáticas en la cordillera y en la planicie, la red hídrica trazaba las líneas en el paisaje y luego fue por estas que se desarrolló un poblamiento estructurado en función a fluctuaciones, predictibilidad y fragilidad de los recursos.

En definitiva, a través de la arqueología se ha realizado un aporte al conocimiento de los cambios y fluctuaciones que se produjeron en el trazado de los principales cursos de agua del noreste de Mendoza en el período Holoceno tardío. El gran número de sitios arqueológicos correspondientes al Holoceno tardío en las adyacencias de los cauces estudiados indica que en este período los paleocauces llevaban agua en abundancia, posiblemente como resultado de mayores nevadas en cordillera. Esto puede haber correspondido cronológicamente al período del 1000 AP. Sabemos que estos cambios devienen de condiciones climáticas regionales y que estas se interinfluyeron con el “modo de vida” de las formaciones sociales indígenas. Estas condiciones incidieron en los modos de organizar el asentamiento por parte de las comunidades indígenas locales. Comunidades que, aún

Thus, new ways to structure the system of settlement-subsistence emerged.

New notions about territoriality generated a higher stability of the settlement in some points of the landscape, though without leaving relatively high patterns of territorial mobility.

In the posterior period 700 years AP (1300 AD), from the cultural point of view, the problem of pre-inca and the incaic entrance presents the confluence of new social conditionings that led to the development and consolidation of agricultural systems and cacical formation. This could be explained by a re-definition of the social networks, that are manifested in the territorial organization.

In view of the possible demographic pressure and the advent of environmental changes, new ways to organize the production were chosen, basically by the reduction of the movement in the territory and the residential stability in some points of the landscape, together with the increase of agricultural production, the processing and storing of surpluses-This economical increase would have met the NE area, a lacunar environment, in a point of demographic development that would be maintained and the basis of the following period: “of adaptable effectivity” (sensu Abraham and Prieto, 1981: 126).

In the process of occupation of the lowlands of the NE of Mendoza, the economy is not only the excluding consequence of an instinctive adaptable attitude of survival but also the result of a social process of increasing complexity. An economic production with surpluses and with an accumulation of resources, related to the extension of the exploitation territory and to the

concrete selection of spaces for the settlement, is perceived. Distances between settlements and the exploitation areas of resources (animal, vegetable, and mineral) increased, not at random, but following some logic, that of the access to an indispensable resource, hard to transport and of critical availability: water. This logic, initially, directed mobility and then determined residential stability. According to the climatic variations in the cordillera and in the plain, the hydraulic network sketched the lines on the landscape and then it was for these that a structured settlement was developed taking into account fluctuations, predictability and fragility of the resources.

In conclusion, through archaeology, a contribution to the knowledge of the changes and fluctuations that occurred in the sketching of the main courses of water in the NE of Mendoza in the Late Holocene, has been carried out. The great number of archaeological sites belonging to the Late Holocene in the adjacent areas of the river beds studied indicate that in this period, the paleobeds carried water in abundance, possibly as a result of heavy snowfalls on the cordillera. This may have corresponded chronologically to the period 1000 AP. We know that these changes come from regional climatic conditions and these inter-influenced with “the way of life” of the indigene social formations. These conditions affected the ways of organizing the settlement by the local indigene communities. Communities that, even knowing and consuming products proper of an agricultural economy, maintained patterns of mobility with a high incidence of hunting and gathering on their diets. The social structures that fostered this economy

conociendo y consumiendo productos propios de una economía agrícola, mantuvieron patrones de movilidad con alta incidencia de la caza y la recolección en sus dietas. Las estructuras sociales que alentaron esta economía deben haber sido lo suficientemente flexibles como para interpretar los cambios ambientales y conservar ciertas estrategias de subsistencia junto con las actividades agrícolas y pastoriles.

REFERENCIAS

REFERENCES

- ABRAHAM, E. y M.R. PRIETO. 1981. Enfoque Diacrónico de los Cambios Ecológicos y de las adaptaciones Humanas en el NE árido Mendocino. Cuadernos del CEIFAR Nº 8 Mendoza pp. 110-139
- CHIAVAZZA, H. 1995. Estudios arqueológicos en el sitio Rincón de los Helados. Ocupación multicomponente

en el NE de la pampa de Canota. Las Heras, Mendoza. Tesis de licenciatura Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyos ms.

- 1999. "Por las arenas bailan los remolinos" Arqueología en los cauces del río Mendoza, Subárea arqueológica COA. XIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Córdoba (pp.320-322)
- 2000. Arqueología urbana en Mendoza : una perspectiva social. I Congreso Nacional de Arqueología Histórica. Mendoza.
- 2001. Las antiguas poblaciones de las arenas. Arqueología en las tierras áridas del noreste mendocino. Ediciones Culturales, Mendoza.
- FORMAN, R. y M. GORDON. 1981. Patches and structural components and for a landscape ecology. Bio-Science 31(10): 733-740.
- FORMAN, R. y M. GORDON. 1986. Landscape Ecology. J. Wiley and Sons. NY

must have been flexible enough to interpret the environmental changes and to preserve certain strategies of subsistence together with the agricultural and pastoral activities.

CUADRO DE FÓSILES DE MENDOZA

MENDOZA'S FOSSILS TIME TABLE

Oswaldo Luis Bordonaro

La tabla muestra la evolución de la fauna y flora mendocinas a través del tiempo geológico, desde los organismos más antiguos que vivieron hace 570 millones de años, hasta los más modernos, extinguidos hace miles de años en tiempos prehistóricos.

El área grisada representa los ambientes con fósiles marinos, mientras que el área blanca representa los ambientes con fósiles terrestres. De esta manera se pueden visualizar las entradas y salidas del mar en el territorio.

Durante la Era Paleozoica, un cálido mar ocupó la mitad de la provincia y en él proliferaban abundantes invertebrados primitivos, como los trilobites, graptolites, braquiópodos y moluscos. Hacia fines de esta Era, el mar se fue retirando lentamente y en sus costas aparecieron las primeras plantas vasculares y los primeros vertebrados terrestres, cuando comenzaba a formarse el ozono en la Tierra.

Al comenzar la Era Mesozoica, el mar ya se había retirado y predominaba un relieve montañoso y volcánico con valles, ríos y grandes lagos poblados de peces, anfibios y reptiles, con exuberante

vegetación de helechos. Al promediar esta era el mar entró nuevamente, inundando el sector oeste de la provincia con toda una fauna de invertebrados como amonites bivalvos y reptiles marinos como el *Ichtyosaurio*. Al finalizar la Era Mesozoica, el mar comienza a retirarse nuevamente hacia el oeste, pero simultáneamente, en las tierras emergidas proliferaban enormes dinosaurios en extensas llanuras con araucarias y helechos.

Al iniciarse la Era Cenozoica, el mar se retiró definitivamente dejando restos de moluscos en el sur de la provincia. Al promediar esta era comienza a levantarse muy lentamente la Cordillera de los Andes, modelando nuevamente un paisaje montañoso poblado por diferentes clases de mamíferos. Al finalizar la Era Cenozoica, nuestro territorio se vio habitado por enormes mamíferos herbívoros como el *Megaterio*, el *Glyptodonte* y el *Mylodon* que deambulaban mansamente por las llanuras y valles y llegan a convivir con el hombre.

The time table shows the evolution of Mendoza's flora and fauna through the geological time, following a chronological order from the most ancient organisms that lived 570 million years ago, until the most modern, extinguished thousands of years ago in prehistoric times.

The gray area represents the environments with marine fossils, while the white area represents the environments with land fossils. Thus, the advances and retreats of the sea into and off the territory are shown.

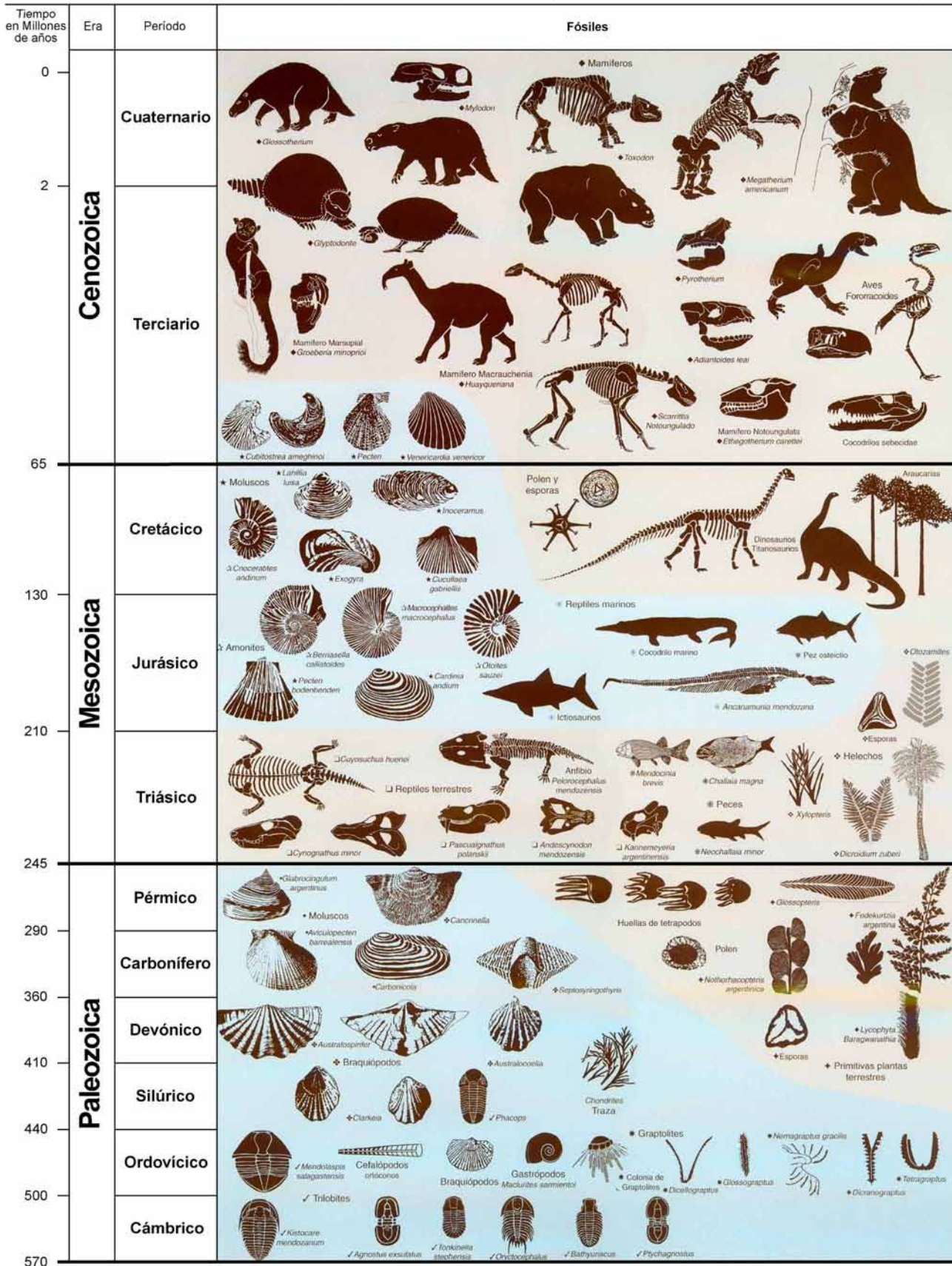
During the Paleozoic Era, a warm sea occupied half of the province. Primitive invertebrates such as trilobites, graptolites, brachiopods and mollusks thrived in this sea. Towards the end of this geological Era, the sea slowly receded and the first vascular plants and the first land vertebrates appeared by its shores, when ozone was beginning to form in Earth.

At the beginning of the Mesozoic Era, the sea had already retired and the prevailing landscape was mountainous and volcanic with valleys, rivers and big lakes, inhabited by fishes, amphibians and reptiles, with

*an exuberant fern vegetation. During this era the sea made a new entrance, flooding the west sector of the province with an entire invertebrates fauna like ammonites and bivalves, and marine reptiles like the *ichtyosaur*. At the termination of the Mesozoic Era, the sea began once more to retire to the west, but simultaneously, enormous dinosaurs thrived in great plains with araucarias and ferns, on the lands that had emerged.*

*When the Cenozoic Era started, the sea definitely retired leaving mollusks remains in the south of the province. As this era went on, the Andean Cordillera began slowly to rise, modelling once again a mountainous landscape inhabited by different kinds of mammals. When the Cenozoic era was ending, our territory was populated by enormous herbivorous mammals such as the *Megatherium*, the *Glyptodon* and the *Mylodon*, that peacefully ambulated through the plains and valleys and even cohabited with primitive men.*

FÓSILES DE MENDOZA



Autor: Osvaldo Luis Bordonaro
Diseño Gráfico: Remedios Marín S. Graciela Farías
 Servicios de Medios Audiovisuales y Gráficos MAGRAF, CRICYT
 Mendoza, Argentina, 1996

INFLUENCIAS CLIMÁTICAS EN LA DINÁMICA FORESTAL DEL ECOTONO BOSQUE-ESTEPA EN EL NORTE DE PATAGONIA

CLIMATIC INFLUENCES ON FOREST DYNAMICS ALONG THE FOREST-STEPPE ECOTONE IN NORTHERN PATAGONIA

Ricardo Villalba

Ricardo Villalba

Se doctoró en la Universidad de Colorado, Boulder, en 1995. Es investigador de CONICET dedicado a los estudios dendroclimatológicos y dendroecológicos. Ha trabajado principalmente en el estudio de las variaciones climáticas durante los últimos 2000 años en el extremo austral de América del Sur con apoyo de CONICET, NSF, y Antorchas. Sus estudios sobre la influencia de las variaciones climáticas en la dinámica forestal en Patagonia han sido financiados por el Programa de Cambio Global de NASA y National Geographic Society. En el noroeste de Argentina, Villalba trabaja en la aplicación de especies tropicales y subtropicales en dendrocronología. Es miembro del IANIGLA desde 1980.

Ph.D., University of Colorado, Boulder, 1995, is a researcher from CONICET with interests in dendroclimatology and dendroecology. He has worked extensively on the study of climatic variations in southern South America during the last 2000 years, with support from CONICET, NSF, and Antorchas. His research on the influence of climatic variations on forest dynamics in Patagonia has been supported by the NASA Global Change Program and the National Geographic Society. In northwestern Argentina, Villalba is working on the use of tropical-subtropical trees in dendrocronology. He is a member of IANIGLA since 1980.

La capacidad actual para predecir los cambios de la vegetación inducidos por el clima está limitada por el inadecuado conocimiento de los efectos que las variaciones climáticas tienen sobre la regeneración del bosque, su mortalidad y los regímenes de disturbio (Overpeck et al., 1990; Veblen, 1992). Es ampliamente aceptado que el clima influye fuertemente sobre los patrones de la vegetación a grandes escalas espaciales y temporales. Por el contrario, la influencia que las variaciones climáticas, en escalas temporales que van desde años a décadas, tienen sobre la dinámica forestal no ha sido claramente documentada. Esto es debido a la dificultad para separar, en forma precisa, los cambios en la sucesión vegetal inducidos por el clima, de aquellos relacionados con los disturbios naturales y antropogénicos (Archer et al., 1995; Prentice, 1992). Sin embargo, es precisamente a esta escala temporal, de décadas a centurias, donde se requiere un mayor entendimiento de los efectos que las variaciones climáticas tienen sobre la vegetación (Solomon, 1986).

El clima afecta la vegetación directa e indirectamente. Las condiciones climáticas durante la estación de crecimiento y el período invernal determinan en forma directa, la supervivencia y el vigor de las plantas. Las variaciones en el vigor y la velocidad de crecimiento regulan las interacciones competitivas entre las especies, las que a su vez influyen los patrones de sucesión vegetal, la mortalidad y la formación de claros en el bosque (Shugart, 1984).

Current capability to predict climate-induced vegetation change is limited by an inadequate understanding of the effects of climate variation on tree regeneration, tree mortality, and disturbance regimes (Overpeck et al., 1990; Veblen, 1992). Climate strongly influences vegetation patterns at broad spatial and temporal scales. However, over periods ranging from a few years to several decades, the influence of climatic fluctua-

tions on forest dynamics has been poorly recognized. This is often due to the difficulty of separating disturbance-induced successional changes from climate-induced changes (Archer et al., 1995; Prentice, 1992). However, it is precisely at this time scale of a few decades to centuries for which the need for understanding the effects of climatic variation on vegetation change is most urgent (Solomon, 1986).

Climate affects vegetation directly and indirectly. Growing-season and winter weather conditions directly determine the survival and vigor of plant species. Changes in vigor and growth rates affect relative competitive abilities among species, which in turn influence patterns of succession, mortality, and gap formation (Shugart, 1984). Climate indirectly affects the frequency, magnitude, type and extent of disturbance (Overpeck et al., 1990).

Climate-model results indicate that some warmer climates tend to be characterized by more frequent droughts and convective wind storms (Overpeck et al., 1990). These weather conditions are likely to increase disturbances such as



Fig. 1. Rodal de ciprés (*Austrocedrus chilensis*) creciendo en el ecotono bosque-estepa en la ladera oriental del Cordon de Nahuel-Pan (42° 58' L.S., 71° 13' L.O.), próximo a Esquel, Patagonia, Argentina. Los mayoría de los pequeños ejemplares de ciprés que están invadiendo la estepa se establecieron entre 1962 y 1979.

Fig. 1. Stand of ciprés (*Austrocedrus chilensis*) located at the forest-steppe ecotone on the east-facing slope of Cordón de Nahuel-Pan (42° 58' L.S., 71° 13' L.O.), near Esquel, Patagonia, Argentina. Most seedlings and saplings, which are invading the steppe, established between 1962 and 1979.

El clima indirectamente afecta la frecuencia, la magnitud, el tipo y la extensión de los disturbios (Overpeck et al., 1990).

Los resultados de los modelos climáticos indican que bajo condiciones climáticas más

cálidas como las predichas, las sequías y las tormentas de tipo convectivo serán más frecuentes. Estas condiciones climáticas, muy probablemente, incrementarán los disturbios tales como vientos catastróficos, incendios forestales

catastrophic windthrows, forest fires (due to drought, wind, and enhanced natural ignition sources), and insect outbreaks (due to predisposition of trees to attack). Thus, climate-induced vegetation change is likely to be mediated both by the direct

effects of climate variation on the performance of plants and indirectly through altered disturbance regimes (Johnson and Larsen, 1991). Model-results incorporating the effects of climate-altered disturbance regimes indicate an increase

Fig. 2. Mapas de variaciones anuales en el crecimiento radial del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) a lo largo del ecotono estepa-bosque en el norte de la Patagonia Andina para el período 1805-1825. Las variaciones anuales en el crecimiento del ciprés están fuertemente asociadas a la precipitación. Los años con crecimiento muy bajo (con índices negativos del crecimiento), tales como 1807 y 1813, representan sequías muy severas. Por el contrario, los años de buen crecimiento (con índices positivos del crecimiento) como aquellos de 1808 y 1823 corresponden a años con abundantes precipitaciones.

Fig. 2. Maps of annual radial growth variations from ciprés (*Austrocedrus chilensis*) along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia for the interval 1805-1825. Annual tree-ring width variations from ciprés are closely related to precipitation fluctuations. On regional scale, tree growth below-average (negative tree-growth indices), associated with severe droughts, was recorded during 1807 and 1813. In contrast, tree-growth above-average (positive tree-growth indices) occurred during the years 1808 and 1823 in relation to abundant precipitations.

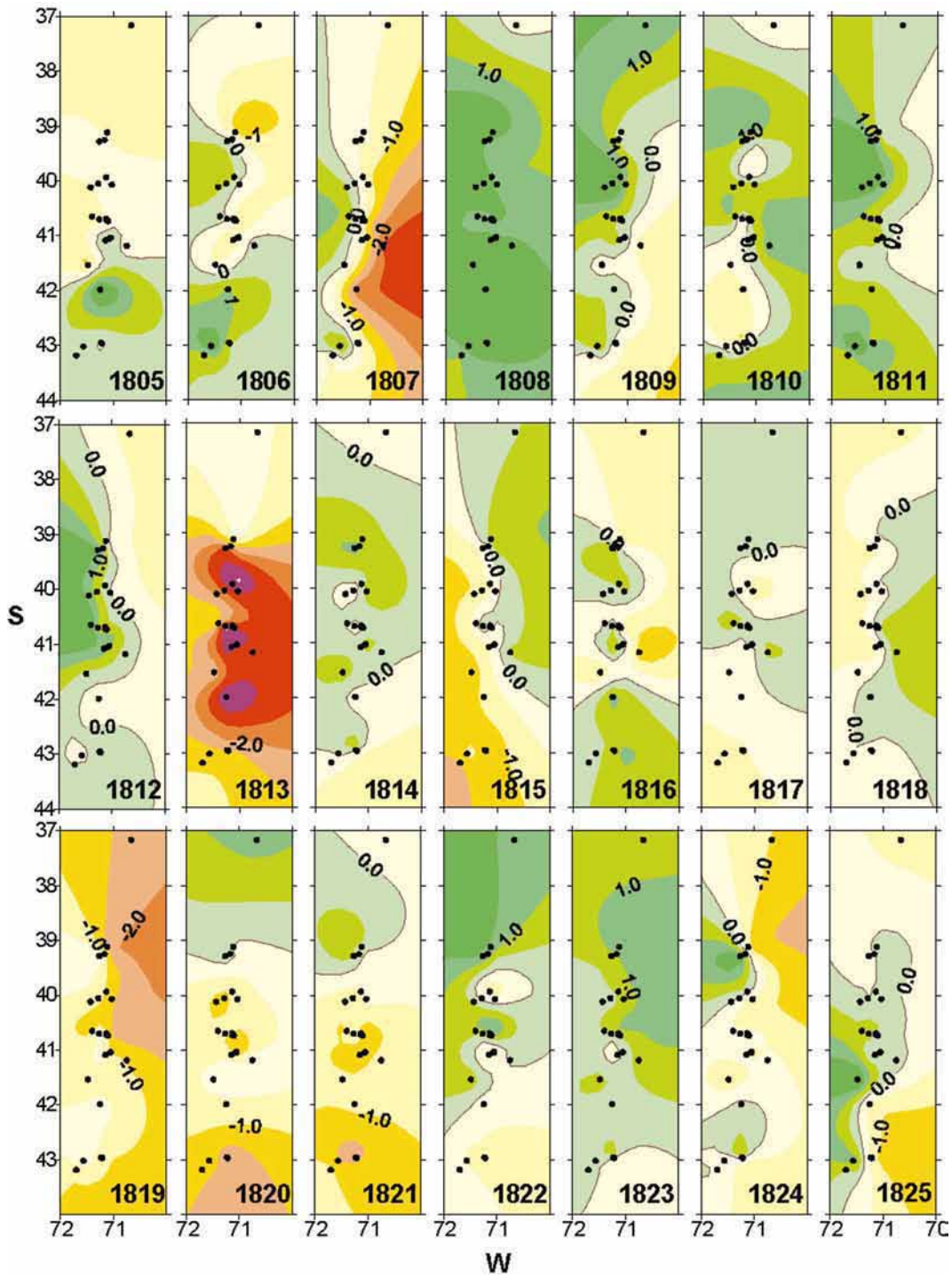
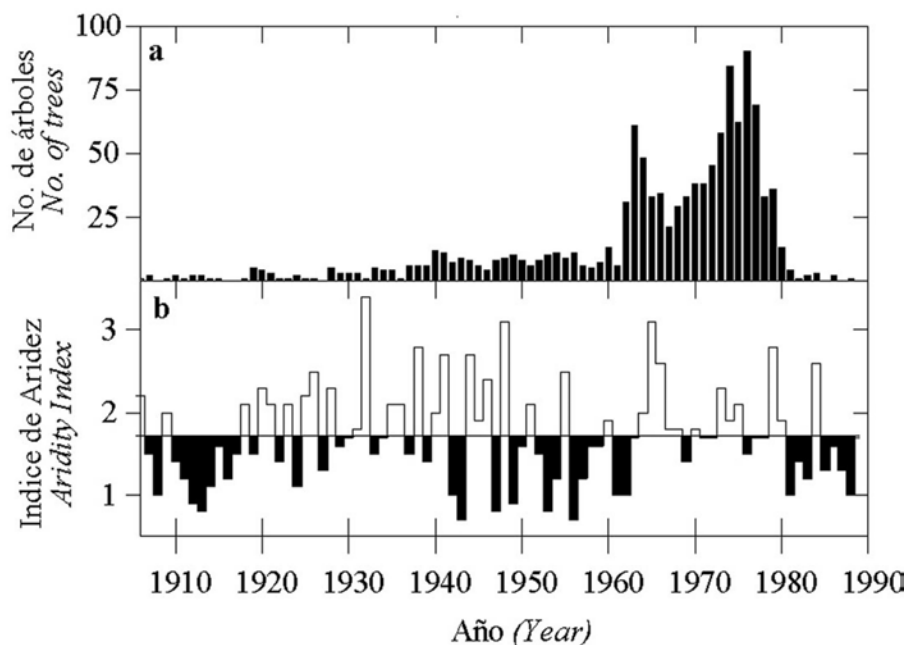


Fig. 3. Establecimiento de árboles en el ecotono bosque-estepa en el norte de Patagonia, Argentina, en relación a las variaciones climáticas. 3a, Distribución de las frecuencias de edades de árboles de ciprés a lo largo del ecotono bosque-estepa. El pico bimodal en el establecimiento de los árboles registrado desde 1962 a 1979 y la falta de establecimiento durante la década de 1980 son los elementos más sobresalientes en el patrón de establecimiento. 3b, Variaciones estacionales (primavera y verano) del Índice de Aridez de De Martonne para el intervalo 1906-1989. Notar los patrones contrastantes en las condiciones climáticas de verano entre el intervalo 1963-1979 (predominantemente fresco y húmedo) y la década de 1980 (predominantemente cálida y seca). Una serie de la precipitación regional que incluye las estaciones meteorológicas de Chacayal, Collun-co, San Martín de los Andes, Bariloche, El Condor, Leleque y Esquel fue empleada en el cálculo de Índice de Aridez. Por su parte, el registro de temperatura empleado incluye las desviaciones de las temperaturas mensuales de las estaciones meteorológicas de Collun-co, Bariloche y Esquel.

Fig. 3. Tree establishment within the forest-steppe ecotone in northern Patagonia, Argentina, and climatic variations. 3a, Age-frequency distribution from ciprés trees along the forest-steppe ecotone. The bi-modal peak in tree establishment recorded from 1962 to 1979 and the lack of recruitment during the 1980's are the most significant features in this figure. 3b, Spring-summer variations of De Martonne's aridity index for the interval 1906-1989. Note the long-term contrasting patterns in summer climatic conditions between 1963-1979 (cool and moist) and the 1980's (warm and dry). A regional precipitation record including Chacayal, Collun-co, San Martín de los Andes, Bariloche, El Condor, Leleque, and Esquel meteorological stations were used to calculate the aridity index. The regional temperature record consists of the Collun-co, Bariloche, and Esquel stations.



(debido a las sequías, los fuertes vientos, y el aumento de las fuentes de ignición natural: rayos), ataques de insectos (dada la mayor predisposición de los árboles al ataque). En consecuencia, los cambios en la vegetación inducidos por el clima serán muy probablemente regulados por el efecto directo de las variaciones climáticas sobre la fisiología de las plantas, e indirectamente, por la alteración de los regímenes de disturbio (Johnson and Larsen, 1991). Los modelos que estudian la respuesta de la vegetación a los cambios climáticos, muestran un aumento en la cantidad y velocidad de los cambios de las masas forestales, cuando en el modelo se incorporan los efectos indirectos del clima sobre el régimen de disturbio (Davis y Botkin, 1985).

El efecto que las fluctuaciones climáticas de corta escala (de años a décadas) tienen sobre el

establecimiento y la mortalidad del *Austrocedrus chilensis* (ciprés) fue estudiado en el límite estepa-bosque, en Patagonia, desde los 37 a los 43° L.S (Fig. 1). Esta región es muy adecuada para este tipo de estudios por varias razones. Dada la ocurrencia de condiciones climáticas limitantes y la disponibilidad de espacios libres para la invasión por parte de los árboles, las poblaciones forestales deberían responder más directamente a las variaciones climáticas en sitios ecotonales. Asimismo, las especies que crecen a lo largo del gradiente estepa-bosque, poseen excelentes características tanto para desarrollar estudios dendroclimáticos (Fig. 2), como para la datación de eventos de establecimiento y mortalidad, en el pasado.

Los episodios recientes de establecimiento y mortalidad en el norte de Patagonia fueron reconstruidos en base a la distribución de las edades de los árboles vivos y la datación dendrocronológica de troncos muertos, respectivamente

both in the amount and the rate of forest change in comparison with the direct effects of climate variation on tree populations (Davis and Botkin, 1985).

This study explores the role that climatic fluctuations on short time scales (i.e., annual to decadal variations) have on *Austrocedrus chilensis* (ciprés) establishment and mortality at the forest-steppe border in northern Patagonia from 37 to 43° S latitude (Fig. 1). The overall goal of this study is to overcome some of these problems of understanding the effects of climatic variation on forest dynamics at annual to decadal scales. Most studies of the effects of climatic variation on forest dynamics have focused on tree regeneration, very few have incorporated the effects of climate-altered disturbance regimes, and the effects of climate on tree mortality has rarely been considered. The forest-steppe ecotone provides an excellent study area for this research because tree populations may respond more obviously to

climatic variability at treeline sites, due both to the occurrence of threshold climatic conditions and the availability of open sites free from competition from adult trees. Additionally, the tree species along this gradient provide excellent material for dendroclimatic reconstructions (Fig. 2) and dendrochronological dating of past events of tree establishment and mortality.

Recent episodes of tree establishment and mortality were reconstructed based on age frequency distributions from living trees, and dendrochronological dating of snags, respectively (Villalba, 1995). Although age determination for abundant tree populations can be extremely time consuming, such information is essential for reconstruction of the details of stand development and possible relationships with high frequency climatic variations (Veblen, 1992). To establish relationships between tree establishment and particular climatic conditions at time scale of 1 to 10 years, the age of trees must be determined with a minimum error of estimation.

Fig. 4. a) Distribución de frecuencias para las fechas de muerte de ejemplares de ciprés creciendo en el límite con la estepa en el norte de Patagonia, al este de los Andes. Tres picos de mortalidad regional fueron registrados recientemente, durante la década de 1910, alrededor de 1942-43, y desde 1955 a 1957. **b)** Porcentaje de muestras que conservan la corteza por año. Los errores en la datación de las fechas de muerte son mínimas en aquellas muestras con corteza. **c)** Variaciones estacionales (primavera y verano) del Índice de Aridez de De Martonne para el intervalo 1906-1989. Para el cálculo de Índice de De Martonne se empleó el mismo conjunto de estaciones meteorológicas empleadas en la **Figura 3**. Notar los eventos extremadamente cálidos y secos en los años 1912-13, 1942-43, y 1957, asociados con los tres picos de mortalidad regional en la **Figura 4a**.

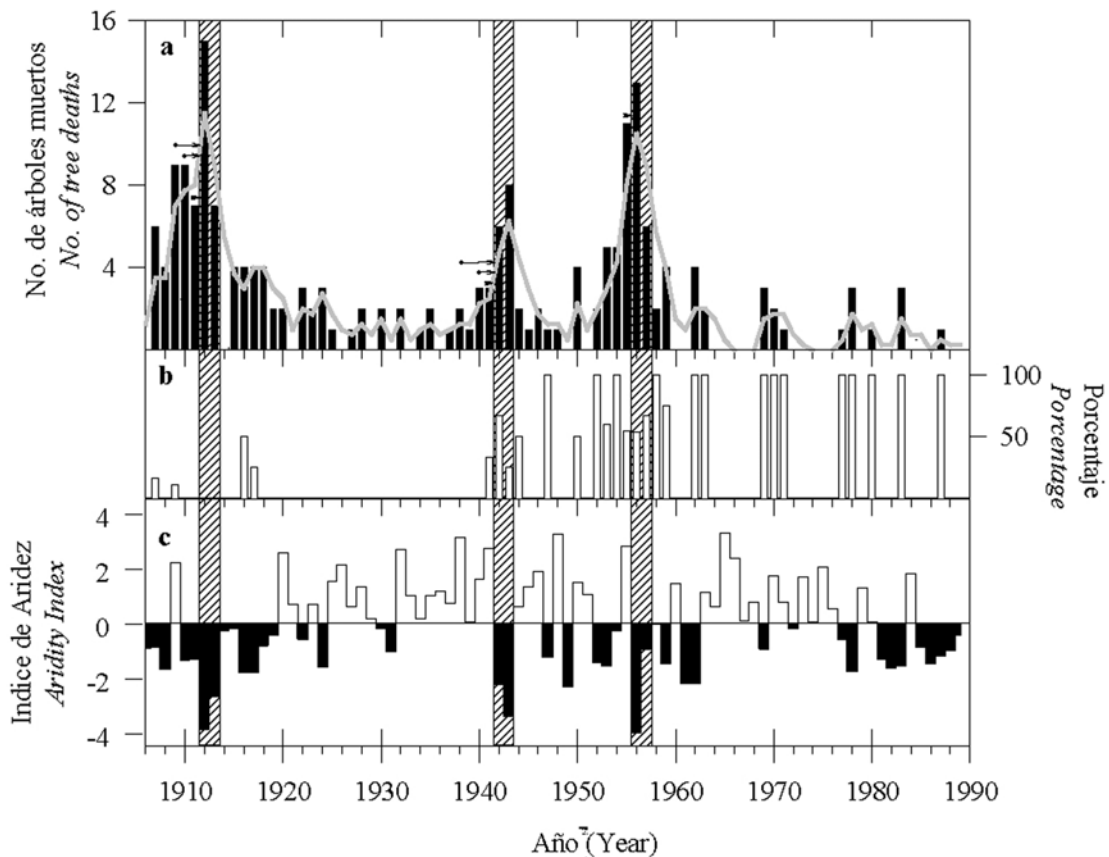


Fig. 4. a) Frequency distribution of dates of ciprés death along the forest margin in northern Patagonia, east of the Andes. Peaks in regional mortality are observed during the 1910's, around 1942-43, and from 1955 to 1957. **b)** Percentage of cross-sections with bark for each year. Dates of tree death are more precise for cross-section with bark. **c)** Spring-summer variations of De Martonne's aridity index for the interval 1906-1989, based on the same set of meteorological stations indicated on **Figure 3**. Note the extremely warm-dry events in 1912-13, 1942-43, and 1957 associated with the three major mortality peaks in tree mortality shown in **Figure 4a**.

(Villalba, 1995). Aun cuando la determinación de la estructura de edades para un gran número de sitios es extremadamente lenta, esta información es esencial para reconstruir en detalle la historia de la masa forestal y las posibles relaciones con eventos climáticos de corta duración (Veblen, 1992). El establecimiento del ciprés en el ecotono estepa-bosque es episódico en relación a distintos eventos climáticos (**Fig. 3**). Bajo las condiciones adversas que predominan en el área, la germinación y el posterior desarrollo de las plántulas dependen fuertemente de la ocurrencia de condiciones ambientales favorables, que persisten por varios años. Condiciones climáticas favorables en una estación de crecimiento no son suficientes para asegurar la germinación y el desarrollo

posterior de las plántulas. El establecimiento de ciprés es favorecido por veranos húmedos y relativamente frescos, que persisten por una década o más. Las sequías, que actúan reduciendo la capacidad competitiva de los pastizales de la estepa, cuando son seguidas por períodos húmedos prolongados, pueden favorecer el establecimiento del ciprés.

Durante los últimos 150 años, el establecimiento del ciprés en el ecotono estepa-bosque ha estado sujeto a las interacciones entre las fluctuaciones climáticas y los disturbios (principalmente el fuego y el pastoreo). La naturaleza e intensidad de estas interacciones han variado con el tiempo. A lo largo del ecotono estepa-bosque, los fuegos, principalmente producidos por el hombre, han favorecido el predominio de

Ciprés establishment at the forest-steppe ecotone appears to be episodic in relation to climatically distinct episodes (Fig. 3). Under the adverse growth conditions prevailing at the forest-steppe ecotone in northern Patagonia, seed germination and subsequent seedling survival may depend on the occurrence of favorable environmental conditions persisting for several years. Good conditions during a single year may not be enough to secure a successful establishment. Wet-cool summers prevailing for a decade or longer facilitate tree establishment. Droughts, which may reduce competition from steppe plants, favor tree establishment if followed by wet periods.

For the past 150 years, tree establishment at the forest-steppe ecotone has involved interactions between climate and disturbance (mainly fire

and grazing). The nature and intensity of these interactions have varied through time. In the dry ciprés woodlands, disturbance by fire was particularly important late in the 19th-early 20th century, whereas livestock impact peaked during the 1930's and 1940's. Extreme drought conditions at the beginning of the 20th century might have limited tree establishment at that time. The reduced grazing pressure and fire suppression efforts during recent decades have allowed ciprés establishment to be more responsive to climatic fluctuations since about the 1950's (Villalba, 1995).

In northern Patagonia, episodic mortality is associated with extremely dry-warm climatic events during a single summer, or more commonly during two consecutive summers. Regional episodes of

los pastizales de la estepa y limitado la invasión del bosque, al destruir las nuevas plántulas de ciprés. Los disturbios ocasionados por el fuego fueron particularmente importantes al final del siglo XIX y comienzos del siglo XX, mientras que la presión ganadera alcanzó su máxima expresión durante las décadas de 1930 y 1940. A su vez, condiciones de extrema sequía prevalecieron a comienzos del siglo XX y, posiblemente, limitaron el establecimiento del ciprés en ese momento (**Fig. 3**). En ciertas áreas, la reducción de la presión ganadera conjuntamente con un mayor esfuerzo para controlar los fuegos, han permitido que el establecimiento del ciprés responda más acentuadamente a las variaciones climáticas durante las últimas décadas (**Fig. 3**; Villalba, 1995).

En el norte de la Patagonia, los episodios de mortalidad están determinados en gran medida por eventos climáticos extraordinarios, caracterizados por veranos extremadamente cálidos y secos. En lo que va del siglo XX, los tres eventos masivos de mortalidad datados fueron coincidentes con los veranos extremadamente cálidos y secos que ocurrieron en 1912-13, 1942-43 y más recientemente, entre 1956 y 1962 (**Fig. 4**). Aun cuando algunos episodios de mortalidad pueden ser causados por un único verano con condiciones extremas, comúnmente ocurren cuando las condiciones climáticas adversas persisten por dos años.

Los episodios de establecimiento y mortalidad del ciprés son sincrónicos con períodos de alto y bajo crecimiento radial, respectivamente. Esta relación permite usar las variaciones en el espesor de los anillos de árboles para reconstruir los eventos de mortalidad que ocurrieron en el pasado (Villalba, 1995).

Los resultados de este estudio en el norte de Patagonia indican que el establecimiento del ciprés está influenciado por eventos climáticos que persisten por una década o más, mientras que los episodios de mortalidad están controlados principalmente por eventos extremos de corta duración. Las diferentes respuestas del establecimiento y la mortalidad a las variaciones climáticas de distinta escala, son un importante factor a considerar para predecir los futuros cambios del bosque de ciprés en el ecotono estepa-bosque en relación a las fluctuaciones climáticas. La colonización de nuevas áreas por parte del ciprés (y por lo tanto, la expansión de su área de distribución) en relación al calentamiento global, se verá favorecida por el predominio de eventos climáticos con veranos húmedos y frescos, que persisten por varios años. Por el contrario, si el calentamiento global favorece en Patagonia la ocurrencia de eventos extremos de corta duración, se producirá un aumento en la mortalidad del ciprés, y por lo tanto, una contracción de su área de distribución.

REFERENCIAS

REFERENCES

- ARCHER, S., D.S. SCHIMMEL, and E.A. HOLLAND. 1995. Mechanisms of shrubland expansion: land use, climate or CO₂? *Climatic Change*, 29: 91-99.
- DAVIS, M.B., and D.B. BOTKIN. 1985. Sensitivity of cool-temperate forest and their fossil pollen record to rapid temperature change. *Quaternary Research*, 23: 327-340.
- OVERPECK, J.T., D. RIND, and R. GOLDBERG. 1990. Climate-induced changes in forest disturbance and vegetation. *Nature*, 343: 51-53.
- PRENTICE, C. 1992. Climate and long-term vegetation dynamics. In: D.C. Glenn-Lewin, R.A. Peet, and T.T. Veblen (eds.) *Plant Succession: Theory and Prediction*, pp. 293-339. Chapman and Hall.
- SHUGART, H.H. 1984. *A theory of forest dynamics*. Springer, New York.
- SOLOMON, A.M. 1986. Transient response of forests to CO₂-induced climate change: simulation modeling experiments in eastern North America. *Oecologia (Berl.)*, 68: 567-579.
- VEBLEN, T.T. 1992. Regeneration dynamics. In: *Plant succession, theory and prediction*, D.C. Glenn-Lewin, R.K. Peet and T.T. Veblen (eds.), pp. 152-176. Chapman & Hall. Cambridge.
- VILLALBA, R. 1995. *Climatic influences on forest dynamics along the forest-steppe ecotone in Northern Patagonia*. Ph. Dissertation, Department of Geography, University of Colorado.

ciprés mortality along the forest-steppe ecotone coincided with severe dry-warm conditions during the 1910's, in 1942-43, and more recently from 1956 to 1962. De Martonne's aridity index, which is an indicator of water deficiency, shows severe droughts concurrent with these regional peaks in tree mortality (Fig. 4). Less severe water deficits occurred in 1916, 1924, 1947, 1949, 1953, 1961-62, and during the 1980's related to secondary peaks in tree death.

Most episodes of tree establishment and mortality are concurrent with periods of above- and below-average tree growth, respectively. This relationship, however, is more evident for tree mortality, which allows the use of tree-ring records as a proxy of past mortality events (Villalba, 1995).

Regional episodes of ciprés establishment are related to decadal-scale climatic events, whereas mortality episodes are mainly controlled by extreme annual-scale climatic fluctuations. The distinction between the effect of extreme versus long-lasting climatic fluctuations on forest dynamics is crucial to properly predicting forest response to climatic changes. Different frequencies of climatic fluctuations are important on different spatial scales, and different vegetation responses apply to different spatial scales. These results imply that future changes in species distributions associated with global warming (e.g., tree invasion), may require favorable climatic conditions lasting a decade or longer. In contrast, forest mortality, and consequently forest contraction, may result from short-term extreme climatic events.

VARIACIONES EN EL CAUDAL DEL RÍO ATUEL DESDE 1575 HASTA EL PRESENTE RECONSTRUIDAS CON SERIES DE ANILLOS DE ÁRBOLES Y SUS RELACIONES CON LA OSCILACIÓN DEL SUR

ATUEL RIVER STREAMFLOW VARIATIONS FROM 1575 TO PRESENT AS RECONSTRUCTED BY TREE RINGS, THEIR RELATIONSHIPS TO THE SOUTHERN OSCILLATION

José Boninsegna y Silvia Delgado de Brun

José A. Boninsegna

Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cuyo. Ingresó al IANIGLA en 1975. Se perfeccionó en Dendrocronología con V. LaMarche y H. Fritts en el Tree-Ring Research Lab., Universidad de Arizona, USA. Actualmente es Investigador de CONICET y Director del Laboratorio de Dendrocronología en Mendoza.

Agricultural Engineer, Universidad Nacional de Cuyo. He joined IANIGLA in 1975. He specialized in Dendrochronology with V. LaMarche and H. Fritts, Tree-ring Lab., University of Arizona, USA. At present, he is Senior Research from CONICET and Director of the Laboratory of Dendrochronology in Mendoza.

S. Delgado de Brun

Ingeniera agrónoma, Universidad Nacional de Cuyo, y especialista en Estadística, Universidad Nacional de Colombia. Ingresó al IANIGLA en 1980. Actualmente es Profesional de CONICET desempeñando sus tareas en el Laboratorio de Dendrocronología, Mendoza.

Agricultural Engineer, Universidad Nacional de Cuyo, and Master in Statistics, University of Colombia. She is member of IANIGLA since 1980. Presently, she is Senior Research Assistant (CONICET) at the Laboratory of Dendrochronology in Mendoza.

El río Atuel provee agua para irrigación, consumo humano y la generación de hidroelectricidad para el oasis de San Rafael, en Mendoza, Argentina. Consecuentemente, el mantenimiento de estas actividades es de alguna manera altamente dependiente de las descargas del río Atuel.

El registro de caudales más largo con que se cuenta para el río Atuel es el medido en la estación de aforos de El Sosneado. Las mediciones comenzaron en 1906 y hasta el presente existen 90 años de datos. Esta serie resulta demasiado corta para evaluar, con confianza estadística, tendencias interanuales que abarquen décadas a centurias.

Una manera de estudiar las variaciones de caudales antes del presente siglo es confiar en

la exactitud de fuentes indirectas o "proxy data". Las series de ancho de anillos de árboles proveen registros largos y confiables que abarcan desde varios siglos a

The Atuel river provides water for irrigation, human consumption, and hydroelectric power to the San Rafael oasis in Mendoza, Argentina. Consequently, the sustaint-

ability of different activities is somewhat highly dependent on the Atuel river discharge.

The longest instrumental streamflow record available for the Atuel river comes from the El Sosneado gauging station. Measurements started in 1906 and at present the record has 90 years. Due to the shortness of the series, interannual trends lasting decades to centuries are difficult to evaluate with statistical confidence.

One way to study the streamflow variations before the present century is to rely on indirect sources or "proxy data". Tree-ring series can provide long and reliable records from several centuries to millennia with annual, and in some cases seasonal, resolution. Tree-ring data have been used to reconstruct

Fig. 1. Mapa de localización de la cuenca del río Atuel, de la estación de aforo y de las cronologías de anillos de árboles. SAG: San Gabriel, ISA: Santa Isabel, MES: Alto Mesa.

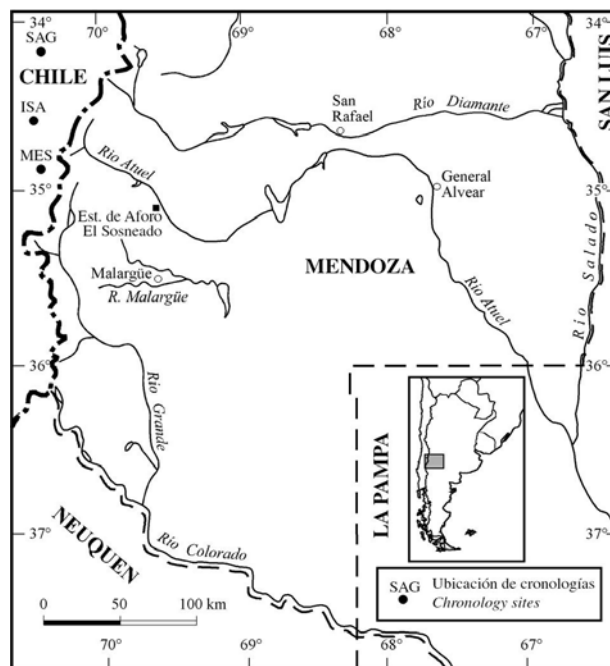


Fig. 1. Map of the Atuel river basin including the El Sosneado gauging station and the chronology sites. SAG: San Gabriel, ISA: Santa Isabel, MES: Alto Mesa.

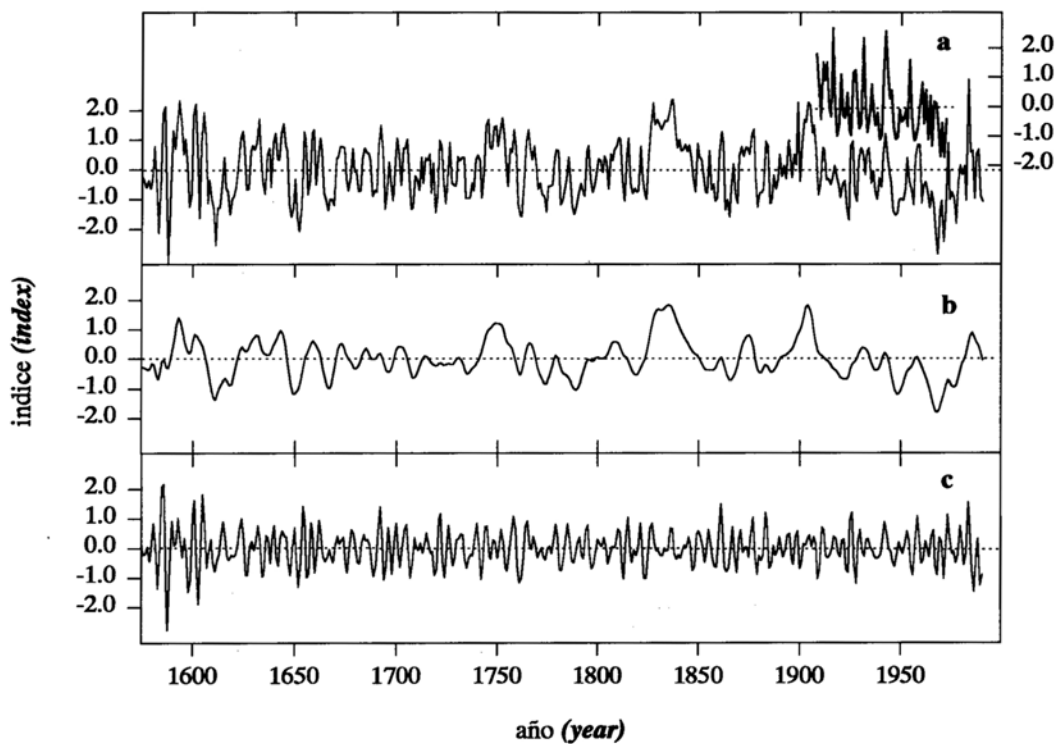


Fig. 2a. Serie de caudales reconstruidos del río Atuel. En línea marcada la serie de caudales medidos empleada en la calibración de la reconstrucción. **2b.** Combinación de los modos oscilatorios del espectro singular entre 10 y 80 años. **2c.** Combinación de los modos oscilatorios del espectro singular entre 3 y 9,9 años.

Fig. 2a. The Atuel river streamflow reconstructed series. Darken line represents the measured streamflow series used to calibrate the reconstruction. **2b.** Singular spectrum combining oscillatory modes from 10 to 80 years. **2c.** Singular spectrum combining oscillatory modes from 3 to 9.9 years.

milenios con precisión anual, y en algunos casos, estacional. Los anillos de árboles han sido empleados para reconstruir variables tanto climáticas como hidrológicas (temperatura, precipitación, presión atmosférica, caudales, crecidas). También han sido empleados para estimar patrones de anomalías climáticas sobre grandes regiones. Sus bases científicas se encuentran bien documentadas (Fritts, 1976; Cook and Kairiukstis, 1990).

El propósito de este trabajo es reconstruir los caudales del río Atuel utilizando anillos de árboles y analizar las posibles fuentes de variación interanual que ocurren en la serie reconstruida.

En la década de 1970, LaMarche y colaboradores (1979a, b) realizaron un extensivo análisis de las especies arbóreas aptas para estudios de anillos en la región suroeste de Argentina y en Chile. Desarrollaron 32

cronologías de ancho de anillos empleando casi exclusivamente las coníferas *Araucaria araucana* y *Austrocedrus chilensis*.

Tres cronologías fueron construidas empleando *Austrocedrus chilensis* en la vertiente oeste de la Cordillera, en Chile, entre 32° 40' y 35° 00' L.S. Ya que no existen árboles que puedan ser utilizados en la confección de cronologías en la vertiente este de la Cordillera, las cronologías arriba mencionadas constituyen los registros dendrocronológicos más próximos a la cuenca del río Atuel.

El método empleado para realizar la reconstrucción se encuentra descrito en Stockton (1975). Los datos dendrocronológicos empleados fueron las tres cronologías anteriormente mencionadas, con corrimiento desde cero a tres años para introducir en la ecuación de regresión múltiple la persistencia natural en las

various climatic and hydrologic variables (temperature, precipitation, atmospheric pressure, runoff, floodings), and to provide estimates of spatial patterns of climatic anomalies over large regions. Their scientific bases are well documented (Fritts, 1976; Cook and Kairiukstis, 1990).

The purpose of this paper is to reconstruct the Atuel river streamflow using tree-rings and to analyze the possible sources of interannual variation occurred in the reconstructed series.

In the 1970's LaMarche and collaborators (1979a, b) conducted an extensive survey of suitable species for tree-ring studies in southern and western Argentina and in Chile. They developed 32 chronologies almost exclusively using the conifers *Araucaria araucana* and *Austrocedrus chilensis*.

Three *Austrocedrus chilensis* chronologies were derived from

sites on the western slope of the Cordillera in Chile between 32° 40' and 35° 00'S. Since no trees useful for chronology development grow on the eastern slope of the Cordillera at these latitudes, the above mentioned site chronologies are the closest existing dendrochronological records to the Atuel river basin in Mendoza. Streamflow reconstruction was carried out following the method proposed by Stockton (1975).

The tree-ring data employed in the analysis consisted of each chronology with lags from zero to three years to introduce in the multiple regression equation the natural persistence of tree-ring series. Runoff data used for calibration were the total annual flow of the river measured at El Sosneado gauging station from 1922 to 1972 (Agua y Energía, 1981). A more detailed description of the methods are presented in Cobos and Boninsegna (1983). **Figure 1** shows the Atuel river basin, locations of the chronology sites, and the gauging station.

The multiple regression equation was solved using the least squared method.

Annual flow was reconstructed back to the year 1575. The correlation between measured and reconstructed series is $r=0.71$ (i.e., 50.4% of the total variance explained by the model).

The reconstructed streamflow series (**Fig. 2 a**) does not exhibit periods of greatly increased runoff, except for the period from 1820 to 1850. In the series, the proportion of years in which the estimate streamflow was greater than the long term mean is one to two for the years 1575 to 1850, one to three between 1850 and 1970, but only one in four for the later part of this period, 1914 to 1970. Thus, the

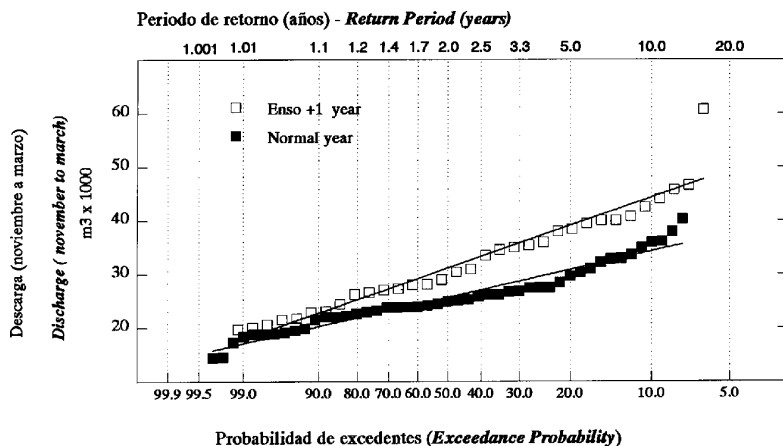


Fig. 3. Distribución de probabilidades extremas de la serie de descargas medias del río Atuel de los meses de noviembre a marzo para años ENSO+1 y años no ENSO.

Fig. 3. Exceedance probability plots of the measured summer discharge (November to March) during ENSO+1 years and non-ENSO years.

series de ancho de anillos. Los datos de caudales usados para la calibración fueron los totales anuales medidos en la estación de El Sosneado desde 1922 hasta 1972 (Agua y Energía, 1981). Una descripción detallada de los métodos y de la cuenca del río se encuentra en Cobos y Boninsegna (1983). En la **Figura 1** se presenta la cuenca del Atuel, la localización de la estación de aforo y de los sitios de las cronologías.

La ecuación de regresión múltiple se resolvió con el método de los mínimos cuadrados. Los caudales anuales se reconstruyeron hasta el año 1575. La correlación entre las series medidas y reconstruidas es de $r=0.71$ (50,4% de la variancia explicada).

La serie de los caudales reconstruidos (**Fig. 2a**) no exhibe períodos de grandes incrementos en la descarga, excepto entre los años 1820 a 1850. En la serie, la proporción de años en los cuales los caudales estimados fueron mayores que la media total fue uno cada dos años para el período 1575 a 1850; uno cada tres años entre 1850 y 1970 y uno cada cuatro años entre 1914 y 1970. Por lo tanto la proporción de caudales por debajo de la media se ha incrementado.

A menudo, las fluctuaciones cíclicas de distintos fenómenos climáticos en la escala de décadas a centurias han sido atribuidas a variaciones en las condiciones del sol (Stuiver y

proportion of years with streamflows below the mean has increased lately.

Cyclic fluctuations on a decadal- to centennial-times scale have often been attributed to varying solar conditions (Stuiver and Braziunas, 1989). Solar input variability appears to be related to the sunspot cycle of 11.8 years, the Hale cycle of 22 years, the Gleissberg cycle of 80 years and other longer cycles.

The singular spectrum analysis (Vautard and Ghil, 1990) of the Atuel reconstructed series indicates the presence of oscillatory modes at periods of 78.5, 21.4 and 12.2 years, which absorb 21%, 6% and 15% respectively of the total variance. Our results suggest some degree of influence of the solar forcing in the low-frequency component of the long-term river discharge. The combining oscillatory modes from 10-80 years are shown in **Figure 2 b** and from 9.9 to 3 years in **Figure 2 c**.

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon constitutes the largest single source of interannual climatic variability on a global scale. Because its effects are wide-ranging and often severe, it has attracted the attention of many scientists

worldwide. In particular, there is considerable interest in determining whether the ENSO system has undergone low-frequency variations in the past. This has led to efforts to extend the modern ENSO record by making use of historical and proxy records of climatic anomalies associated with ENSO (Díaz and Markgraf, 1992).

One of the regions affected by ENSO is central Chile where heavier than normal winter precipitation is common during warm ENSO events (Rutland and Fuenzalida, 1991; Waylen and Caviedes, 1990). Snow accumulation in the Andes Cordillera tends to be larger during ENSO years at the same latitude. The streamflow of the Atuel river is dependent on the snow accumulated in the upper basin. Thus, during the summer following an ENSO year, the probability of a large discharge is higher than during the summer following a non-ENSO year.

Figure 3 shows the extreme probability distribution of both, the summer streamflow during an ENSO+1 year and during the non-ENSO year for the measured series. A similar extreme probability distribution could be fitted to the river flow

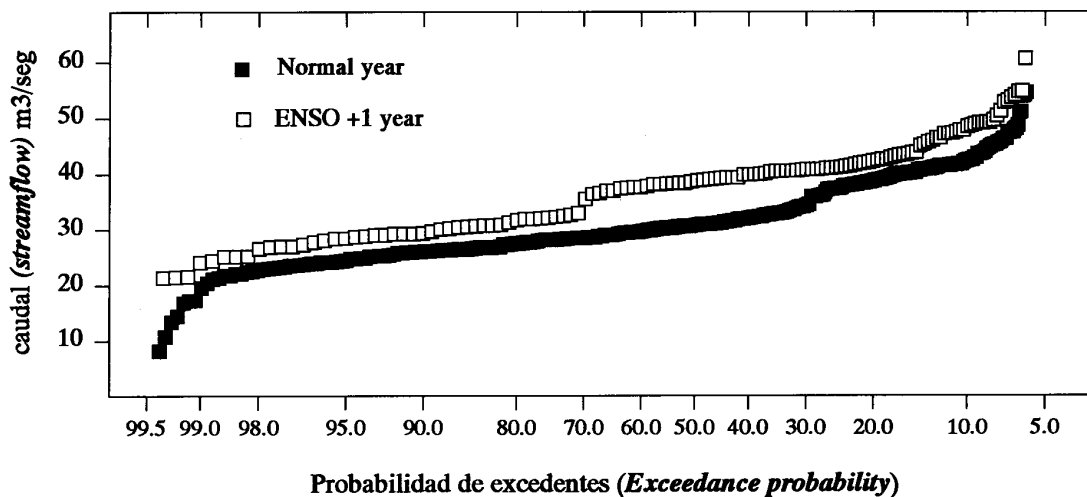


Fig. 4. Distribución de probabilidades extremas de la serie de caudales anuales reconstruidos para años ENSO+1 y no-ENSO.

Fig. 4. Exceedance probability plots of the reconstructed annual streamflow during ENSO+1 years and non-ENSO years.

Braziunas, 1989). La variabilidad en la radiación solar recibida parece estar relacionada con el ciclo de manchas solares de 11,8 años, el ciclo de Hale de 22 años, el ciclo de Gleissberg de 80 años y otros ciclos de mayor largo de onda.

El análisis de espectro singular (Vautard y Ghil, 1990) de la serie reconstruida del río Atuel indica la presencia de oscilaciones en períodos de 78,5, 21,4, y 12,2 años, que absorben el 21%, 6% y 15% respectivamente de la variancia total. Nuestros resultados sugieren algún grado de influencia de los forzantes solares en los componentes de baja frecuencia en la serie ampliada de caudales del Atuel. Los modos oscilatorios combinados para la banda 10 a 80 años se muestran en la **Figura 2b** y para la banda de 9,9 a 3 años en la **Figura 2c**.

El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) constituye la mayor fuente de variación climática interanual a escala global. Dado que sus efectos se perciben en amplias regiones y a menudo son severos, este fenómeno ha atraído la atención de muchos científicos en todo el mundo. En particular, existe un considerable interés en determinar si en el pasado, el evento ENSO tuvo variaciones en la baja frecuencia. Esto ha llevado a realizar esfuerzos para extender los registros modernos del ENSO utilizando fuentes históricas y "proxy data" de anomalías climáticas asociadas con ENSO (Díaz y Markgraf, 1992).

Una de las regiones afectadas es Chile central donde precipitaciones invernales mayores que lo normal son

comunes durante los episodios cálidos de ENSO (Rutland y Fuenzalida, 1991; Waylen y Cavieides, 1990). La acumulación de nieve en la Cordillera de los Andes tiende a ser mayor durante los años ENSO a la misma latitud. Los caudales del río Atuel dependen de la cantidad de nieve acumulada en la cuenca superior. Por lo tanto en los veranos siguientes a un año ENSO, la probabilidad de grandes descargas es más elevada.

La **Figura 3** muestra la distribución de probabilidades extremas de las descargas estivales durante años ENSO+1 y durante años no ENSO para la serie de caudales medidos. Una distribución de probabilidades extremas similar puede ajustarse a los caudales reconstruidos del río, aun cuando cierto "ruido" no deseado esté presente en la reconstrucción (**Fig. 4**). En ambos casos utilizamos para comparar la serie de años ENSO moderados a severos publicada por Quinn (1992). La distribución de probabilidades claramente muestra que durante el verano que sigue a un año ENSO la descarga del río será probablemente mayor.

La anomalía climática del ENSO usualmente produce en sus primeras fases un incremento de la temperatura de la superficie del mar en las costas de Perú durante los meses de noviembre-diciembre. Desde ese momento, la evolución del fenómeno puede ser pronosticada con un alto grado de confianza. Si un evento ENSO es anticipado, el río Atuel tendrá probablemente un aumento en su descarga durante el verano próximo.

reconstruction based on tree-ring, although some undesired noise is present in the reconstruction (Fig. 4). In both cases, we used the moderate to very strong ENSO dates published by Quinn (1992) for comparison. The probability distribution clearly shows that during the summer following an ENSO year, the discharge will probably be larger than during non-ENSO summers.

ENSO is a climatic anomaly that usually produces, in its early stages, an abnormal rise of the sea surface temperature during November-December in the coastal area of Perú, and its evolution could be forecasted with a high degree of confidence. If an ENSO event is predicted, the Atuel river will probably have an increment in its discharge during the next summer.

REFERENCIAS REFERENCES

- AGUA y ENERGIA SOCIEDAD del ESTADO. 1987. Estadística hidrológica hasta 1983. Tomo I. Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Bs. As.
- COBOS, D. and J.A. BONINSEGNA. 1983. Fluctuations of some glaciers in the Upper Atuel River basin, Mendoza, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 1: 61-82.
- COOK, E.R. and L.A. KARIUKSTIS (eds). 1990. *Methods of Dendrochronology: Applications in the environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwert Academic Publishers, 394 pp.
- DIÁZ, H. and V. MARKGRAF (eds). 1992. *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press, 476 pp.

- FRITTS, H. 1976. *Tree-ring and climate*. New York: Academic Press, 567 pp.
- LAMARCHE, V.C.; R. HOLMES; P.W. DUNDWIDDIE and L.G. DREW. 1979a. *Tree-ring Chronologies of the Southern Hemisphere 1*. Argentina. Chronology Series V. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, AZ.
- LAMARCHE, V.C.; R.H. HOLMES; P.W. DUNDWIDDIE and L.G. DREW. 1979b. *Tree-ring Chronologies of the Southern Hemisphere 2*. Chile. Chronology Series V. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, AZ.
- QUINN, W.H. 1992. A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A.D. 622-1900 incorporating Nile River flood data. In: Díaz, H. and Markgraf, V. (eds.) *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press, 119-149 pp.
- RUTLAND, J. and H. FUENZALIDA. 1991. Synoptic aspects of the central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 11: 63-76.
- VAUTARD R. and M. GHIL. 1992. Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals. *Physica D.*, 58: 95-126.
- STOCKTON, C.W. 1975. Long-term stream flow records reconstructed from tree-rings. *Paper of the Laboratory of Tree-ring Research*, 5, 111 pp. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- STUIVER, M. and T.F. BRAZIUNAS. 1993. Sun, ocean, climate and atmospheric $^{14}\text{CO}_2$: an evaluation of causal and spectral relationships. *The Holocene*, 3: 289-292.
- WAYLEN, P. and C. CAVIEDES. 1990. Annual and seasonal fluctuations of precipitation and stream flow in the Aconcagua river basin, Chile. *Journal of Hydrology*, 120: 79-102.

LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO DE *DISCARIA TRINERVIS* EN LA CORDILLERA MENDOCINA

INFLUENCE OF TEMPERATURE IN THE GROWTH OF DISCARIA TRINERVIS IN THE CORDILLERA OF MENDOZA

Andrea Schmelter

Andrea Schmelter **INTRODUCCIÓN**

Geógrafa Física (1994), Univ.de Heidelberg, Alemania. Tesis realizada en el Laboratorio de Dendrocronología IANIGLA/CRICYT, bajo la dirección de Prof. Dr. D. Barsch y Prof. Dr. F.H. Schweingruber. Fue becaria del DAAD (Servicio del Intercambio Académico Alemán) para efectuar estudios dendrocronológicos en la Patagonia.

Andrea Schmelter, Diploma of Physical Geography, 1994, University of Heidelberg, Germany. Thesis carried out at the Laboratory of Dendrochronology, IANIGLA, CRICYT, under the direction of Prof. Dr. D. Barsch and Prof. Dr. F.H. Schweingruber. Grant from DAAD (Service of the Germany Academic Exchange) on dendrochronological studies in the Patagonia.

(English version by M.E. Soller)

Los árboles pueden ser considerados archivos que almacenan las variaciones temporales de las condiciones del ambiente donde crecen. El árbol registra estas variaciones ambientales en sus anillos de crecimiento. Los factores climáticos influyen, según su intensidad, en el ancho de los anillos: condiciones climáticas adversas para el crecimiento resultan en la formación de anillos angostos y viceversa. La dendrocronología se basa en esta fuente de información para analizar las variaciones climáticas pasadas al igual que los cambios en las condiciones ambientales donde los árboles crecen.

En la cordillera de Mendoza, con clima árido-semiarido, los pisos de vegetación están representados casi exclusivamente por formaciones de arbustos, mientras que ciertas especies con porte arbóreo se localizan frecuentemente a lo largo de los cauces de ríos y/o arroyos menores.

En la zona mencionada, las investigaciones dendrocronológicas recién se han iniciado. Roig y Boninsegna (1990) desarrollaron cuatro cronolo-

gías empleando maderas de *Adesmia horrida* y *Adesmia uspallatensis*. Dichas cronologías muestran una fuerte respuesta a las variaciones de la temperatura del verano. Por otro lado, Roig et al. (1988) investigaron los factores climáticos que determinan el crecimiento de *Discaria trinervis* encontrando una mayor influencia de la temperatura que de la precipitación en el crecimiento de esta especie. Estos resultados sugieren que la temperatura tiene una importante influencia en el crecimiento de las plantas leñosas distribuidas en la región de la cordillera mendocina.

Debido a la escasez de datos climáticos en el área de estudio, resulta de interés la obtención de proxi-datos climáticos mediante técnicas dendrocronológicas con el fin de ampliar el conocimiento de las variaciones del clima en esta región. Este es uno de los motivos por el cual se utilizó *Discaria trinervis*, una planta con anillos de crecimiento demarcados. En este trabajo, se intenta determinar la influencia que a nivel regional tiene la temperatura sobre el crecimiento de *D. trinervis*, y

INTRODUCTION

Trees can be considered as files that store the temporary variations of the environment conditions where they grow. Trees register them within their growth rings. Climatic factors influence, according to their intensity, the width of the rings: climatic conditions that are adverse to growth result in the formation of narrow rings and viceversa.

Dendrochronology is based on this source of information to analyze the past climatic variations as well as the changes in the environmental conditions where trees grow.

In the Mendoza cordillera, with semi-arid climate, the vegetation floors are represented almost exclusively by shrubs formations, while certain high-tree species are frequently found along river beds and/or smaller creeks.

At the mentioned area dendrochronologic research has started only a while ago. Roig & Boninsegna (1990) developed four chronologies using wood from *Adesmia horrida* and *Adesmia uspallatensis*. The said chronologies show a strong response to summer temperature varia-

tions. On the other hand, Roig et al. (1988) researched the climatic factors that determine the growth of *Discaria trinervis* finding that temperature influences more than precipitation on the growth of this species. These results suggest that temperature has a significant influence in the growth of woody plants distributed in the region of the Mendoza cordillera.

Because of the scarce data in the studied area, it is important to obtain climatic proxi-data through dendrochronological techniques in order to widen the knowledge of climate variations in this region. This is one of the reasons why *Discaria trinervis* was used, as it is a plant with well delimited growth rings. This paper is an attempt to determine at regional level the influence that temperature has on the growth of *D. trinervis*, plus to assess the possibility of using the rings of this species for climatic reconstruction. Precipitation was not included in this analysis, partly owing to the results previously obtained (Roig, et al., 1988), to the almost inexistant regional records and to the high regional variability of this climatic parameters.

Fig. 1. Localización de los sitios y de las estaciones meteorológicas usadas.

Fig. 1. Localization of the sites and of the meteorological stations used.

además evaluar la posibilidad de emplear los anillos de esta especie en reconstrucciones climáticas. La precipitación no fue incluida en este análisis, en parte debido a los resultados previamente obtenidos (Roig et al., 1988), por la escasez de registros en la región y por la alta variabilidad regional de este parámetro climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

D. trinervis (Hooker et Arnott) Reiche (Rhamnaceae), nombre vulgar «Chacay», es un pequeño árbol que alcanza alturas de hasta 8 m. Su distribución es amplia, desde el norte de la provincia de Mendoza en ambientes de montaña hasta al sur de la provincia de Santa Cruz (32-52° S) en contacto con la estepa patagónica. En la región de los Andes Centrales, entre los 1900-2500 m de altura, *D. trinervis* constituye un elemento característico de la flora azonal, en orillas y terrazas de los ríos de montaña.

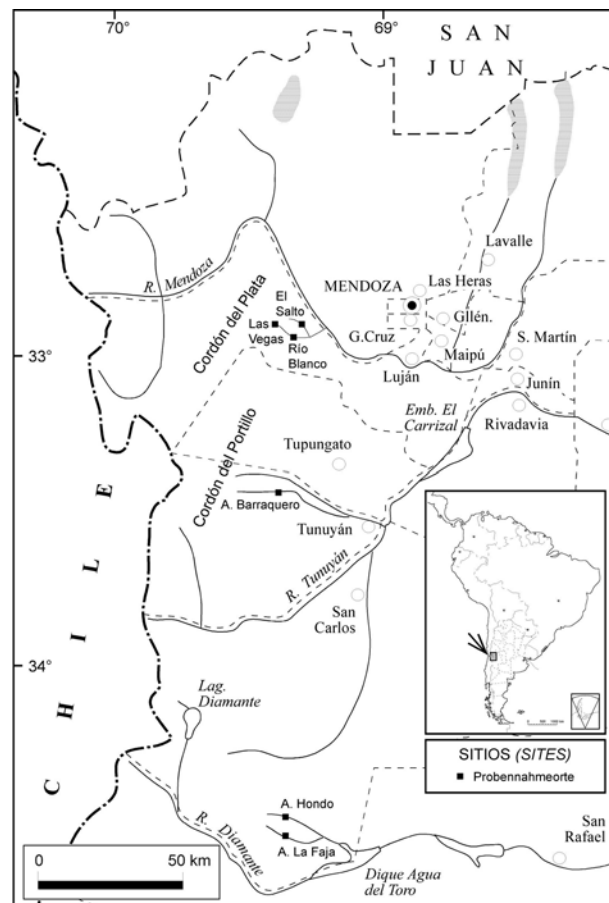
Para el muestreo dendrocronológico se seleccionaron seis sitios (**Fig. 1**): Quebrada El Salto (NES), Las Vegas (VCH) y Puesto Reynoso (NCH) ubicados a lo largo del cauce medio del Río Blanco, los Arroyos Barraquero (ABA), El Hondo (AHO) y La Faja (ALF).

Debido al gradiente latitudinal los pisos altitudinales descienden a lo largo de la Cordillera Andina, sin embargo en Mendoza Central este descenso es muy pronunciado (Garleff, 1977). Entonces, en los sitios El Hondo y La Faja, ubicados al sur de la zona de muestreo, *D. trinervis* encuentra su límite superior de distribución en el piedemonte a los 1900 m de altura. Allí los arroyos se erosionan y forman amplios valles de fondo, los

cauces no presentan el aspecto de haber cambiado mucho en los últimos años. Los demás sitios se encuentran en la Cordillera Frontal y están directamente influenciados por el clima de alta montaña (veranos más cortos y temperaturas mínimas más extremas). Los sitios ubicados en la región del Cordón del Plata muestran además una dinámica fluvial más intensa que resulta en terrazas recientes y acumulaciones aluviales sin vegetación.

En el análisis de los anillos de crecimiento se emplearon los siguientes métodos:

- **Funciones de respuesta:** consiste en cuantificar la relación entre el clima y el crecimiento del árbol mediante el análisis de regresión y correlación. En este proceso se compararon las cronologías de ancho de anillos y el registro continuo de temperatura media mensual.
- **Anillos característicos:** es un método visual que rescata aquellos anillos que muestran un excepcional desvío respecto de la media. Estos eventos pueden clasificarse de acuerdo a su intensidad desde moderados hasta muy pronunciados, con lo que se obtienen series de eventos que no necesariamente deben ser continuos. La aparición de un año característico en un sitio y mejor aun en una región, sugiere que los árboles han sido simultáneamente influidos por un factor común, generalmente el clima.
- **El análisis de años individuales** («single year analysis», Kienast, 1986): se investigó la relación entre clima y crecimiento año por año comparando directamente el ancho de los



MATERIAL AND METHODS

D. trinervis (Hooker et Arnott) Reiche (Rhamnaceae) commonly known as “Chacay”, is a small tree that almost reaches 8 m. It is widely distributed from the north of the Province of Mendoza in mountain environments to the south of the Province of Santa Cruz (35-52°) contacting the Patagonian steppe. In the Central Andes, between 1900-2500 m a.s.l., *D. trinervis* constitutes a characteristic element of the azonal flora, by the margins and terraces of the mountain rivers.

Six sites were selected for the dendrochronological sampling (**Fig. 1**): Quebrada El Salto (NES), Las Vegas (VCH) and Puesto Reynoso (NCH) along the middle stream of the Río

Blanco, and the creeks Barraquero (ABA), El Hondo (AHO) and La Faja (ALF).

Owing to the latitudinal gradient, the altitudinal levels descend along the Andean Cordillera, nevertheless this descent is very steep in Central Mendoza (Garleff, 1977). Therefore, at the El Hondo and La Faja sites, both placed to the south of the sampling zone, *D. trinervis* reaches its upper distribution limit in the piedmont at 1900 m a.s.l. There, creeks erode forming wide bottom valleys and their streams do not appear to have change a lot in the last years. The other sites are at the Cordillera Frontal and are directly influenced by the high mountain climate (shorter summers and more extreme minimum temperatures). The sites located in the region of the

anillos (índices de las cronologías) con los datos de temperatura. Para ello se categorizaron los desvíos de la temperatura respecto a su media histórica, superponiendo a la media el valor de una desviación standard. La temperatura se clasificó como normal cuando el dato real cayó dentro de la región delimitada entre el valor medio y la primera desviación standard, mientras que aquellos datos que superaron el valor de la desviación standard fueron definidas como desvíos extremos.

RESULTADOS

Los registros climáticos cortos y no-homogéneos y las distancias grandes entre las estaciones meteorológicas y los sitios de muestreo suelen desmejorar las estimaciones estadísticas entre el crecimiento de los árboles y el clima. Este problema, común en nuestra zona de estudio, obliga a extraer conclusiones que deben ser consideradas con precaución. El resultado de la función de respuesta aplicada a cada sitio de estudio sugiere que la temperatura de los meses de diciembre, enero y febrero influye positivamente sobre el crecimiento del Chacay. Esto es, a mayor temperatura estival, mayor

crecimiento. Contrariamente, los meses invernales presentan correlaciones inversas, por lo que las bajas temperaturas invernales reducirían el crecimiento del Chacay.

El análisis de los anillos característicos mostró que todos los sitios de estudio presentan anillos extremos. En el sitio La Faja (ALF) se observa que algunos años presentan desvíos importantes en su crecimiento como el año 1979, durante el cual el 73% de los árboles muestreados registraron una importante anomalía negativa en el crecimiento. Sin embargo esta anomalía apareció solo en este sitio y en Puesto Reynoso (NCH). Los demás anillos característicos no tienen ningún patrón común entre los diferentes sitios estudiados. Los árboles que crecen en los sitios ubicados en el norte de la región de estudio, los cuales están bajo la influencia de la alta montaña, son más sensibles a las variaciones climáticas que los sitios ubicados hacia el sur.

Considerando el período común entre 1974-1988, los sitios VCH, NCH, NES y ABA registraron 17 años característicos, mientras que los sitios ALF y AHO solo registraron 2 años

Cordón del Plata also show a more intense fluvial dynamic, resulting in recent terraces and alluvial accumulation without vegetation.

The following methods are used in the analysis of the growth rings:

- **Response functions:** quantification of the relation between climate and the tree growth through regression and correlation analysis. During this process the comparison was made of the ring width chronologies and the continuous records of the monthly mean temperature.
- **Characteristic rings:** this is a visual method that rescues those rings that show an exceptional deviation in regards to the mean. These events may be classified according to their intensity from moderate to very pronounced, thus obtaining series of events that are not necessarily continuous. The appearance of a characteristic year on a site, and, better still on a region, suggests that the trees have been simulta-

neously affected by a common factor, generally the climate.

- **Single year analysis** (Kienast, 1986): the relation between climate and growth was researched year by year comparing directly the rings width (chronologies index) with data temperature. With this object the temperature deviations in regards to the historical mean were categorized, superimposing the value of a standard deviation to the mean. The temperature was classified as normal when the actual data fell within the region delimited between the mean value and the first standard deviation, while those data that surpassed the standard deviation value were defined as extreme deviations. This method permits a speedy identification of the months with important temperature anomalies.

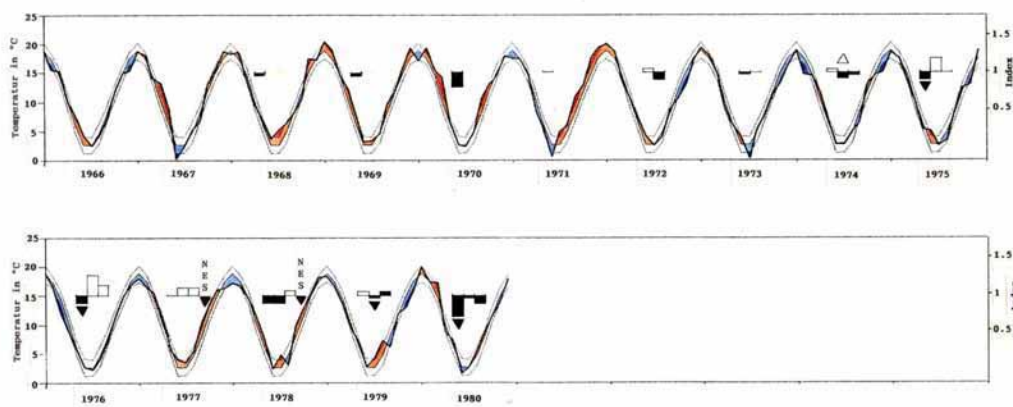
RESULTS

Short and non-homogeneous climatic records, and great distances between meteorological stations and sampling sites, usually impair statistical estimations between the growth of trees and the climate. This problem, common in our zone of research, makes it a must to get conclusions that have to be cautiously considered. The result of the response function applied to each studied site suggests that the temperature of the months of December, January and February has a good influence on the growth of Chacay. This is to say the higher the summer temperature, the greater the growth. On the contrary, the winter months show an inverse correlation, thus the low winter temperatures would reduce the growth of the chacay.

The analysis of the characteristic rings showed that all the studied sites present extreme rings. In La

Fig. 2. Análisis de años individuales para la estación meteorológica San Carlos y los sitios ALF y AHO.

Fig. 3. Analysis of the individual years for the San Carlos meteorological station and the ALF and AHO sites.



Ref.: sitio/site

| | | | |
|--|---|---|---|
| | V | N | A |
| | C | C | B |
| | H | H | A |

△ año característico positivo/ positive pointer year
▽ año característico negativo/ negative pointer year

Fig. 3. Análisis de crecimiento anual y temperatura estacional.

Fig. 3. Analysis of the annual growth and of the seasonal temperature.

característicos. Esta desigual distribución de anillos característicos sugiere una gran variabilidad en los factores que regulan el crecimiento de *Discaria trinervis* en la zona de estudio.

Al observar la curva de la **Figura 2**, se comprueba que en general no existe una asociación consistente entre la temperatura del registro San Carlos y el crecimiento de *D. trinervis*, lo cual coincide con la débil señal obtenida en el análisis de función de respuesta.

Tampoco se obtuvo ninguna relación separando el registro climático en estaciones (**Fig. 3**). Para algunos años, un crecimiento reducido se produjo en coincidencia con temperaturas elevadas durante el verano, lo cual contradice el modelo de relación clima-crecimiento propuesto para esta especie. Sin embargo esta observación no explicaría por sí misma la débil tendencia de esta especie para reflejar las variaciones anuales (estacionales) del clima. Deficiencias en los modelos de calibración o la gran distancia entre los sitios analizados y las fuentes de datos climáticos podrían ser otras fuentes de incertidumbre.

CONCLUSIÓN

Discaria trinervis es una especie de montaña con una importante distribución geográfica, desde latitudes medias en los Andes Centrales hasta la Patagonia argentina. En el sector andino de la provincia de Mendoza, la escasez de especies leñosas con buenos anillos de crecimiento incrementa la importancia de esta especie para ser empleada en futuros trabajos dendrocronológicos.

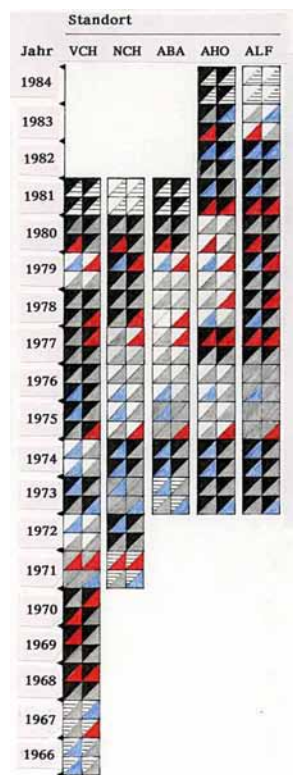
El modelo de función de respuesta demostró la influencia positiva que

ejercen las temperaturas del verano en el control del crecimiento de *Discaria trinervis*. Particularmente la temperatura sobre el valor medio durante los meses de diciembre a febrero ejerce una positiva influencia en el crecimiento. Sin embargo esta relación entre el clima y el crecimiento no es claramente observada cuando se analiza cada año de crecimiento en particular y menos aun cuando se consideran los anillos con crecimiento extremo. Parece haber un alto componente de variabilidad del crecimiento atribuido a factores locales, tales como la morfología de los cauces, la incidencia de la nieve, y las variaciones locales de la temperatura, las cuales no necesariamente están reflejadas en las variaciones observadas en las series de temperatura empleadas en este trabajo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, debería pensarse en utilizar la información de los anillos de crecimiento de *Discaria trinervis* en trabajos de aplicación hidrológica, tales como la divagación de cauces, que están relacionados también a la dinámica de las poblaciones de estas plantas. Se sugiere emplear con precaución los datos de crecimiento de esta especie en estudios del clima de montaña, hasta tanto se efectúen mediciones climáticas más representativas de la región que puedan ser utilizadas en una nueva valoración de los modelos entre clima y crecimiento del Chacay.

REFERENCIAS REFERENCES

- GARLEFF, K. (1977): Höhenstufen der Anden in Cuyo, Patagonien und Feuerland. Göttinger Geogr. Abh. 68, 130 pp.
- KIENAST, F. & F. SCHWEINGRUBER. (1986): Dendroecological



Referencias References

Año/Year:

(oct., nov., dic.) (jul., ago., sep.)
primavera invierno
spring winter



(ene., feb., mar.) (abr., may., jun.)
verano otoño
summer autumn

Temperatura/Temperature:

muy cálido
very warm

cálido normal
normal warm

frío normal
normal cold

muy frío
very cold

sin registro
without record

Crecimiento (para el año entero):
Growth (for the entire year):

sin registro/without record

positivo/positive

negativo/negative

neutral/neutral

} dentro de la
desviación
standard
within
standard-
deviation

Faja it can be observed that some years have relevant growth deviations such as 1979, during which 73% of the sampled trees registered an important negative anomaly in their growth.

Nevertheless, this anomaly appeared only on this site and Puesto Reynoso (NCH). The other characteristic rings do not have a common pattern between the different sites being studied. The trees that grow on the sites located north of our studied area, that are under the influence of the high mountain, are more sensible to climatic variations in respect to sites located more to the south.

Considering the common period between 1974-1988, the sites VCH, NCH, NES and ABA registered 17 characteristic years, while the sites ALF and AHO only registered two characteristic years. This unequal distribution

of characteristic rings suggests a great variability in the factors regulating the growth of *Discaria trinervis* in the studied zone.

When observing the curve of Figure 2 it is seen that generally does not exist a consistent association between the temperature recorded in San Carlos and the growth of *Discaria trinervis*, and this coincides with the weak signal obtained in the analysis of response function. No relation was either obtained separating the climatic record in seasons (Fig. 3). A reduced growth occurred for some years in coincidence with high summer temperatures, and this contradicts the model of the relation climate-growth proposed for this species. Notwithstanding, this observation would not explain in itself the weak trend of

studies in the Front Range, Colorado, U.S.A.- Arctic and Alpine Research 3: 632-660.

ROIG, F.A.; R. VILLALBA & A. RIPALTA. (1988): Climatic factors in *Discaria trinervis* growth in Argentine Central Andes. Dendrocronologia 6: 61-70

ROIG, F.A. & J.A. BONINSEGNA. (1990): Environmental factors affecting growth of *Adesmia* communities as determined from tree rings. Dendrochronologia 8: 39-66.

this species to reflect the yearly (seasonal) variations of the climate. Other sources of uncertainty could be deficiencies in the calibration models or the great distance between the analyzed sites and the origin of the climatic data.

CONCLUSION

Discaria trinervis is a mountain species with an important geographic distribution, from the middle latitudes in the Central Andes to the Argentine Patagonia. In the Andean sector of the Province of Mendoza, the scarcity of woody species with growth rings increases the significance of this species to be used in future dendrochronological works.

*The model response function showed the positive influence that the summer temperatures have in the growth control of *Discaria trinervis*. Particularly the temperature over the mean value during December to February has a positive influence on growth. Nevertheless this relation between climate and growth is not clearly observed when each growth year is particularly analyzed, and even less when the extreme growth rings are considered. There seems to be a high component of growth variability attributed to local factors, such as the streams morphology, the incidence of snow, and the local variations of temperature, that are not necessarily reflected in the variations observed in the temperature series used in this*

work.

*According to the obtained results, there should be thought to use the information proceeding from *Discaria trinervis* growth rings in works of applied hydrology like meander streams, that are also related to the dynamics of these plants populations. The suggestion is to cautiously use the growth data of this species when studying high mountain climate, until there are more representative climatic measurements of the region done that can be used in a new valuation of the models between climate and Chacay growth.*

REGISTROS DENDROCRONOLÓGICOS DE MADERAS DEL PLEISTOCENO TARDÍO-Holoceno EN AMÉRICA DEL SUR

TREE-RING DATA FROM LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE SUBFOSSIL WOODS IN SOUTH AMERICA

Fidel A. Roig Juñent

Fidel A. Roig J.

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Cuyo. Doctor en Filosofía y Ciencias Naturales de la Universidad de Basilea, Suiza. En la actualidad se desempeña como Investigador del CONICET, en el área de la dendroclimatología, dendroecología y anatomía de la madera.

Agronomic Engineer from the University of Cuyo. PhD in Natural Sciences, University of Basilea, Switzerland. He is presently working as a CONICET's researcher in the dendroclimatology, dendroecology and wood anatomy area.

El conocimiento de los fenómenos inherentes a la variabilidad climática ayuda a evaluar si los cambios del clima observados en tiempos recientes corresponden a fenómenos de variabilidad natural o son forzados por la creciente intervención humana. Los registros climáticos cubren períodos relativamente cortos, pero pueden ser extendidos a varias centurias o milenios usando fuentes de alta resolución proxi-climática tales como los anillos de crecimiento de los árboles. El empleo de estas técnicas ha permitido extender a cientos de años el registro climático en diversas regiones de Argentina y Chile.

Sin embargo, la extensión de registros climáticos es un desafío que generalmente encuentra diversos obstáculos, entre ellos la longevidad de los árboles. La única alternativa es el empleo de maderas que han sido preservadas de alguna manera por largo tiempo. Maderas fósiles se encuentran en el registro geológico desde el Devónico Superior hasta el

presente (Creber y Chaloner, 1984). La apariencia de los anillos en estas maderas ha permitido inferir estacionalidad climática, variabilidad estacional y tasas de crecimiento. En períodos más recientes, esto es, desde el Pleistoceno Superior a la actualidad, es posible encontrar madera sub-fósil preservada en ambientes fríos húmedos o secos. El empleo de maderas sub-fósiles ha permitido extender considerablemente las cronologías de anillos de crecimiento en Europa y Estados Unidos (Leuschner, 1992; Pilcher et al., 1984).

The knowledge of phenomena inherent to climatic variability permits to evaluate whether the climate changes observed in recent times correspond to natural variability or are caused by the growing intervention of mankind. Climatic records cover periods that are relatively short, but they can be extended to several centuries or millennia using high-resolution proxy-climatic sources such as records of tree-rings (i.e. dendroclimatology). The use of these data sources has

allowed the expansion of instrumental climatic records to several centuries in Argentina and Chile.

Nevertheless, the achievement of long climatic records is a challenge that generally finds diverse impediments, between them the longevity of trees. The only alternative is the use of woods that have been somehow preserved for a long time. Fossil woods are found in the geological records since the Upper Devonian to the present (Creber



Fig. 1. Vista general de la turbera del Valle de Carbajal, Tierra del Fuego.

Fig. 1. General view of the Valle de Carbajal peat-bog, Tierra del Fuego.

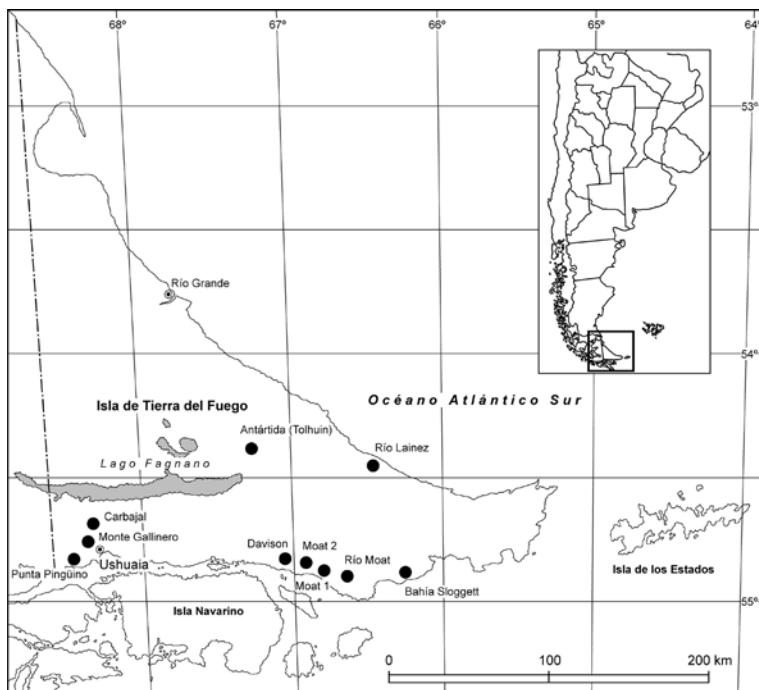


Fig. 2. Distribución de las turberas de Tierra del Fuego en estudio.

Fig. 2. Distribution of the study sites in Tierra del Fuego.

Las primeras referencias para América del Sur de maderas sub-fósiles preservadas en turberas o sedimentos glacio-fluviales fueron dadas por Bonarelli (1917), Auer (1965) y Klohn (1976). Restos de carbonos han sido hallados en sedimentos y yacimientos arqueológicos (Heusser, 1994; Solari, 1993). En el Hemisferio Norte se han extendido las cronologías actuales casi hasta el inicio del Holoceno mediante el empleo de maderas sub-fósiles (Ferguson, 1969; Pilcher et al., 1984). Éstas han facilitado el estudio del clima de los últimos milenios (Briffa, 1994), la calibración de curvas de ^{14}C (Stuiver, 1982), interpretación de secuencias arqueológicas (Baillie, 1982; Eckstein et al., 1983) y diversos estudios paleoecológicos (Kaiser, 1979; Pilcher et al., 1996). Los siguientes son algunos resultados de la construcción de largas cronologías en América del Sur.

LA REGIÓN DE TIERRA DEL FUEGO

Esta región constituye la porción más austral de tierra cubierta por bosques en el Hemisferio Sur. Su

cercanía con la Antártida realiza su importancia en la obtención de largos registros climáticos que aporten mayor información sobre la circulación atmosférica en altas latitudes.

A partir de los últimos 15 Ka BP, el retiro de los hielos durante el tardiglacial influyó en el mejoramiento de las condiciones climáticas y la vegetación comenzó a expandirse en las áreas libres de hielo. Especialmente en el sector sur de Tierra del Fuego, infinidad de valles y planicies bajas fueron ocupadas por vegetación lacustrina que luego evolucionó en turberas de *Sphagnum* gracias a la combinación de alta precipitación, baja tasa de evaporación y reducido drenaje (Rabassa et al., 1996; **Figura 1**). Debido al proceso de acreción de una turbera, los árboles circundantes son alcanzados e incluidos en la turba. También episodios de deslizamiento de laderas aportan árboles al alcanzar los márgenes de las turberas. A partir del año 1994 se iniciaron las perforaciones y extracción de maderas sub-fósiles de *Nothofagus* sp. en diversas turberas del centro y sur de Tierra del Fuego (Roig et al.,

and Chaloner, 1984) and the appearance of growth rings in these woods has allowed to infer seasonality, seasonal stability and wood productivity rates. During more recent periods, like from the Upper Pleistocene to the present times, it is possible to find subfossil woods preserved in dry or humid cold environments. The use of subfossil woods has allowed to extend substantially the tree-ring records in Europe and the United States (Leuschner, 1992; Pilcher et al., 1984).

In South America, the first references of subfossil woods preserved in bogs and glacio-fluvial sediments were given by Bonarelli (1917), Auer (1965) and Klohn (1976). Charcoal fragments have been found in sediments and archaeological sites (Heusser, 1994; Solari, 1993). In the Northern Hemisphere several tree-ring chronologies have been expanded almost to the beginning of the Holocene through the use of subfossil woods (Ferguson, 1969; Pilcher et al., 1984). These have facilitated the production of highly resolved millennial climatic reconstructions (Briffa, 1994), the calibration of ^{14}C curves (Stuiver, 1982), the interpretation of archaeological sequences (Baillie, 1982; Eckstein et al., 1983) and several palaeoecological studies (Kaiser, 1979; Pilcher et al., 1996). The following are the first results toward the construction of long tree-ring chronologies in South America.

TIERRA DEL FUEGO ISLAND

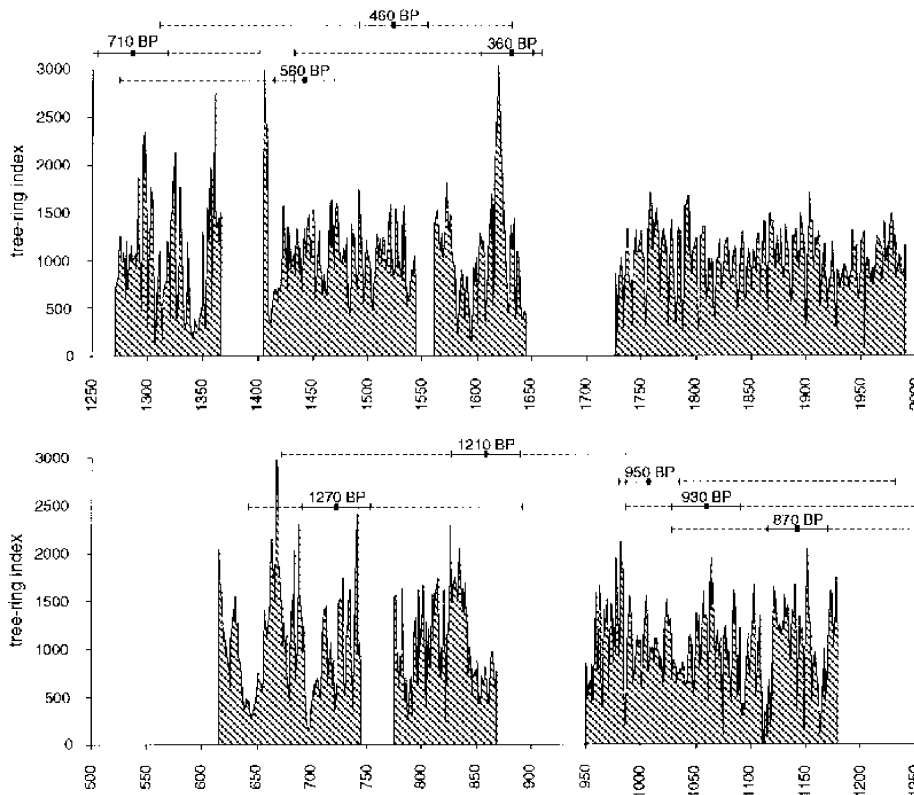
This region is the southernmost portion of woodland in the Southern Hemisphere, and its vicinity to Antarctica, enhances the importance of obtaining long records that explain more accurately the complex atmospheric circulation at these high latitudes.

Starting from 15 Kyr BP, the ice retreat during the Late Glacial influenced the improvement of the climatic conditions and vegetation began to expand in ice-free areas. A combination of high precipitation, low evaporation rate and reduced drainage has contributed to the development of raised bogs of *Sphagnum* peat (**Figure 1**), specially in the southern sector of Tierra del Fuego (Rabassa et al., 1996). Owing to the accretion process of bogs, the surrounding woods are reached and included in the peat. Landslide episodes also contribute with trees when they reach the peat-bogs margins. Recent excavation of these bogs revealed exquisitely preserved *Nothofagus* wood at various depths (Roig et al., 1996; **Figure 2**). In Carbajal Valley, a site near Ushuaia ($54^{\circ} 44' \text{ S}$, $68^{\circ} 12' \text{ W}$), the upper first meter of peat sediments yielded subfossil wood radiocarbon dated from 0,4-4,0 Kyr, and other bogs in the area yielded similar radiocarbon ages. There exists the possibility to find much older wood at greater depth (up to 15 m), permitting the extension of tree-ring chronologies well before 4,0 Kyr and possibly to the period of deglaciation at ca. 12-14 Kyr. This material is the base for the first tree-ring floating chronologies for the two last millennia in Tierra del Fuego (**Figure 3**) obtained by dendrochronological cross-dating of wood pieces of similar relative radiocarbon dates. The gaps that divide the curve will hopefully be completed in the near future.

Preliminary results indicate some particular ways in tree-growth variability. The frequency spectrum of the floating chronology revealed that, throughout the last 1,400 years, the most significant oscillation tendencies in tree-ring growth are chiefly restricted to the high-

Fig. 3. Cronología flotante de *Nothofagus* en Tierra del Fuego.

Fig. 3. Floating chronology of *Nothofagus* in Tierra del Fuego.



1996; **Figura 2**). En el Valle de Carbajal, un sitio cercano a la ciudad de Ushuaia (54° 44' S, 68° 12' W), el primer metro del perfil de la turbera aportó maderas datadas radiocarbónicamente en 0,4-4,0 Ka, y otras turberas han dado similares dataciones radiocarbónicas. Existe la posibilidad de encontrar material a mayor profundidad (hasta 15 m), permitiendo la extensión de las cronologías de anillos de crecimiento hasta los últimos 4,0 Ka y posiblemente hasta el período de deglaciación durante los 12-14 Ka. Este material es la base de las primeras cronologías flotantes de anillos de crecimiento para los últimos dos milenios en Tierra del Fuego (**Figura 3**) obtenidas por cofechado dendrocronológico de piezas de madera de similar edad radiocarbónica. Como se ve, aún persisten sectores sin información que se espera completar en el futuro.

Resultados preliminares indican algunas particularidades en la variabilidad del crecimiento. El

espectro de frecuencias de las cronologías flotantes revelan que, al menos durante los últimos 1.400 años, las tendencias de oscilación más significativas se concentran en las bandas de alta frecuencia. Un pico que resulta particularmente notable es el de aprox. 7 años, y que está presente tanto en la cronología flotante como en las actuales. Esta oscilación es muy curiosa pues se

frequency bands. One particularly noticeable peak is that of c. 7-year cycle. This peak was also detected in living *Nothofagus* tree-ring chronologies of the central sector of Tierra del Fuego and the Magellanic region between Punta Arenas and Río Turbio, but it is absent from the *Nothofagus* chronologies located starting from this region to the middle

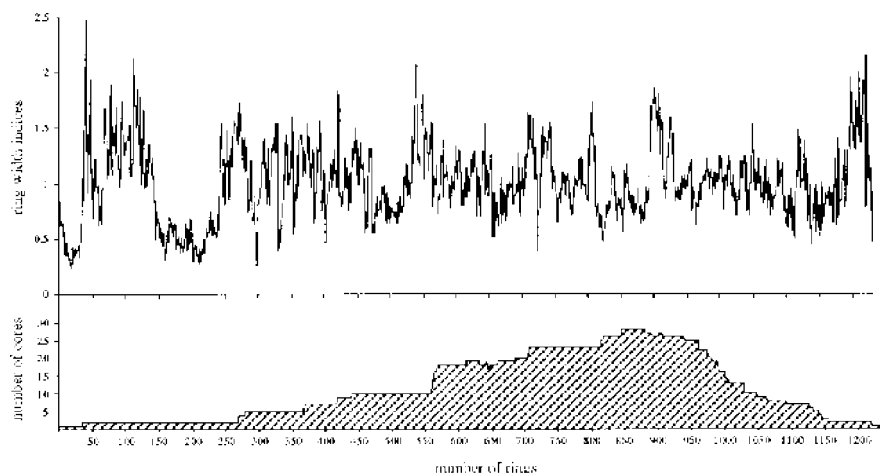


Fig. 4. Cronología flotante de *Fitzroya cupressoides* en el Seno de Reloncaví, Chile

Fig. 4. Floating chronology of *Fitzroya cupressoides* in Seno Reloncaví, Chile.

latitudes of Argentina and Chile.

THE LAKE DISTRICT OF SOUTHERN CHILE

The southern region of Chile between 40°-43° S is perhaps one of the better known South American areas in regards to the glacial and vegetational history since the Late Pleistocene (Clapperton, 1993). This is partly owed to the abundance of organic remains that lie between glacial-glaciofluvial deposits. The region is characterized by humid climate with smooth differences between seasonal temperatures and support an exuberant vegetation and trees of great longevity. A curious wood site was early mentioned by Klobn (1976), which corresponds to the remains of an intertidal *Alerce* (*Fitzroya cupressoides*) wood in situ, which trunks are buried in a sandy sediment along some sectors of the Reloncaví bay (Villagrán, com. pers.). The fact that all the trunks remain in a growth position suggests that they died simultaneously, or at least during a short time period (Porter 1981; Heusser, 1981). According to radiocarbon datings the trunks would have a minimum age of 40,000 years. Collections recently done by colleagues from Chile, Sweden and Argentina, have allowed to

presenta sólo en el sector central de Tierra del Fuego y la región Magallánica entre Punta Arenas y Río Turbio, pero no está presente en las cronologías de *Nothofagus* ubicadas desde esta región hacia latitudes medias de Argentina y Chile. Observaciones fenológicas podrían clarificar el origen de esta periodicidad.

LA REGIÓN DE LOS LAGOS EN EL SUR DE CHILE

La región del sur de Chile entre los paralelos 40°-43° S es quizá una de las zonas de América del Sur mejor conocidas en cuanto a la historia glacial y de la vegetación desde el Pleistoceno Tardío al presente. Esto es en parte debido a la abundancia de restos orgánicos incluidos en los sedimentos glacial-glaciofluviales. El clima actual de la región es húmedo, con suaves diferencias entre la temperatura estacional, y presenta una exuberante vegetación con árboles de gran longevidad. Un importante yacimiento de maderas en esta región fue originalmente citado por Klohn (1976), el cual corresponde a los restos de un bosque *in situ* de Alerce (*Fitzroya cupressoides*) cuyos troncos se encuentran enterrados en sedimento arenoso a lo largo de diversos sectores del Seno de Reloncaví (Villagrán, com. pers.). El hecho de que todos los troncos permanecen en posición de crecimiento, sugiere que murieron simultáneamente, o al menos en un corto período de tiempo. De acuerdo a dataciones radiocarbónicas estos troncos tendrían una edad mínima de 40.000 años. Recientemente, colecciones efectuadas por colegas chilenos, suecos y argentinos, han permitido extraer información dendrocronológica de estos restos de madera. Treinta series de anillos de crecimiento fueron combinadas en una cronología que alcanzó 1229 años

de registro (Figura 4). A fin de maximizar la variabilidad climática, las series fueron estandarizadas mediante métodos conocidos (Cook, 1995). Como resultado se obtuvo la cronología flotante de anillos de crecimiento más antigua que se conoce.

En la comparación con cronologías modernas de Alerce, se observa que las oscilaciones periódicas del crecimiento durante el último milenio son similares a las observadas en la cronología del Pleistoceno Superior. Esto sugiere que las condiciones ambientales (clima incluido) que influyeron en el crecimiento del alerce durante el Pleistoceno Tardío fueron similares a las actuales. La interacción entre la información aportada por evidencias de anillos de árboles, polen, macrorrestos y glaciológicas, proveerá una mejor base para interpretar las fluctuaciones ambientales ocurridas en este sector de América del Sur desde los últimos 50 Ka AP.

CONCLUSIONES

El redescubrimiento de maderas subfósiles en Tierra del Fuego y en la Región de los Lagos en Chile y su utilización como proxy-data climático y ecológico inaugura un nuevo campo de aplicación de la dendrocronología en Sud América. El desarrollo de registros dendroclimáticos milenarios mediante el uso de maderas subfósiles involucra el uso de dataciones radiocarbónicas. Esto facilita las técnicas de cofechado de piezas de edad radiocarbónica similar. El análisis de estas cronologías de anillos de crecimiento aportarán valiosos datos para completar el rompecabezas de la evolución del clima durante el Holoceno. Es deseable que estas investigaciones se realicen en el marco de la cooperación internacional a fin de optimizar los esfuerzos y la calidad de los resultados.

obtain dendrochronologic information from these wood remains. Thirty series of growth-rings were combined in a chronology that reached a record of 1,229 years (Figure 4). The chronology has been developed using standardization methods that facilitate the remotion of growth deviations related to the trees age and that minimizes the loss of variability in the low frequency range (Cook, 1985). The result was the oldest known floating tree-ring chronology of the world.

In the comparison with Alerce modern tree-ring chronologies, it can be observed that the growth periodical oscillations during the last millennium are comparable to those observed in the subfossil chronology, suggesting similarities with the environmental conditions (i.e. climate) that influenced the Alerce growth during the Upper Pleistocene. The interaction between all evidences: glaciological, tree-rings, polen, and macroremains, will provide clues for a better interpretation of the environmental fluctuations that happened in this part of South America since the last 50 Ky BP.

CONCLUDING REMARKS

The re-discovery of sub-fossil woods in Tierra del Fuego and in the Lake Region of Chile inaugurates a new field of dendrochronological applications in South America. The development of dendroclimatic records several millennial long with the aid of subfossil woods, involves the use of radiocarbon dating to roughly date the wood. This facilitates the cross-dating techniques to find the overlap between pieces of the same general age. This approach has been used in a variety of studies to extend tree-ring chronologies

beyond the age of the oldest living trees. The use of these climatic and ecologic proxy-data will undoubtedly be of great value to complete the puzzle of climate evolution during the Holocene. It is desirable that this type of research is carried out within a context of international cooperation in order to optimize the efforts and the quality of results.

In addition to dendroclimatic reconstructions, the calendar-dated wood can be used in geochemical studies, including deuterium, oxygen and carbon isotopes. The results could be compared to the isopotic measurements of Antarctic Peninsula ice cores now being used to reconstruct past climates, as well as to trace gas concentration and isotopic content of past atmospheres. Moreover, anatomical studies of the subfossil wood might yield insights about the impact of the present CO₂ rise or ozone depletion on growth rates; at the very least, such research could help to place these impacts in a historical context. Formulations of paleoecological inferences from low frequency oscillations, abrupt changes and extreme departures observed in the annual tree-ring growth series will be also possible, as well as radiocarbon tree-ring calibrations for the Southern Hemisphere, that are not now available.

Además de las reconstrucciones dendrodinámicas, la madera calendariamente dataada puede ser usada en estudios geoquímicos, incluyendo los isótopos del deuterio, oxígeno y carbono. Estos resultados podrían ser comparados con las mediciones isotópicas de los testigos de hielo de la Península Antártica, tanto como con la concentración de gases traza y contenidos isotópicos de atmósferas pasadas. Además, estudios anatómicos de las maderas podrán dar indicios sobre el impacto en la tasa de crecimiento por el aumento de CO₂ o disminución del ozono. La formulación de inferencias paleoecológicas también será posible a partir de las oscilaciones de baja frecuencia, cambios abruptos y desvíos importantes observados en las series de anillos crecimiento anual, al igual que las calibraciones de las curvas radicarbonicas para el Hemisferio Sur, las cuales no están atualmente disponibles.

REFERENCIAS REFERENCES

- AUER, V. 1965. The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Part IV: Bog profiles. *Ann. Acad. Scient. Fennicae. Serie A (3)* 80: 1-160.
- BAILLIE, M.G.L. 1982. *Tree-Ring Dating and Archaeology*. Croom Helm, London and Canberra, 274 pp.
- BONARELLI, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. *Anales Ministerio Agric. de la Nación. Sección Geología, Mineralogía y Minería* 12 (3), 119 pp, Buenos Aires.
- BRIFFA, K.R. 1994. Mid and late Holocene climatic change evidence from tree growth in northern Fennoscandia. In Funnell and Kay (eds.), *Paleoclimate of the Last Glacial/Interglacial Cycle*, NERC Earth Sciences Directorate 94, pp. 61-65.
- CLAPPERTON, C. 1993. *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier.
- COOK, E.R. 1985. A time-series analysis approach to tree-ring standardization. Ph.D. Thesis, Lamont-Doherty Geol. Observ., Columbia University, 171 pp.
- CREBER, G.T. and CHALONER, W.G. 1984. Climatic indications from growth rings in fossil woods. In Brenchley (ed), *Fossils and Climate*. Wiley & Sons Ltd., pp. 49-74.
- ECKSTEIN, D., S. WROBEL, and R.W. ANIOL. 1983. Dendro-chronology and archaeology in Europe. In Eckstein, Wrobel, and Aniol (eds), *Proceedings of a Workshop of the European Science Foundation, Hamburg. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt fur Forst-und Holzwirtschaft* 141: 249 pp.
- FERGUSON, C.W. 1969. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone Pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California. *Tree-Ring Bulletin* 29: 3-29.
- HEUSSER, C.J. 1981. Palynology of the last interglacial-glacial cycle in midlatitudes of Southern Chile. *Quaternary Research* 16: 293-321.
- HEUSSER, C.J. 1994. Paleoindians and fire during the late Quaternary in southern South America. *Rev. Chilena de Historia Natural* 67: 435-443.
- KAISER, N.F.J. 1979. Ein späteiszeitlicher Wald im Dätttau bei Winterthur, Schweiz. *Ziegler Druck-und Verlags-AG, Winterthur*, 90 pp.
- KLOHN, C. 1976. Beobachtungen über die Reste eines späteiszeitlichen Alerceswaldes. *Zeitschrift für Naturfreunde und Wanderer*, 1975-76: 75-78.
- LEUSCHNER, H.H. 1992. Subfossil trees. In Bartholin, Berglund, Eckstein & Schweingruber (eds), *Tree Ring and Environment, LUNDQUA Report* 34: 193-197.
- PILCHER, J.R. 1984. A 7272-year tree-ring chronology for western Europe. *Nature*, 312: 150-152.
- PILCHER, J.R., M.G.L. BAILLIE, D.M. BROWN and F.G. MCCORMAC. 1996. Hydrological data from the long Irish subfossil Oak records. *Radiocarbon* 259-264.
- PORTER, S.C. 1981. Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research* 16: 263-292.
- RABASSA, J., A. CORONATO and C. ROIG. 1996. The peat bogs of Tierra del Fuego, Argentina. In Lappalainen (ed) *Global Peat Resources*, UNESCO, 261-302.
- ROIG, F.A., C.E. ROIG, J. RABASSA and J.A. BONINSEGNA. 1996. Fuegian floating tree-ring chronologies from sub-fossil *Nothofagus* woods. *The Holocene* 6: 469-476.
- SOLARI, M.E. 1993. *L'homme et le bois en Patagonie et Terre de Feu au cours des six dernieres millénaires: recherches anthracologiques au Chili et en Argentine*. Thesis, Université Montpellier II, 267 pp.
- STUIVER, M. 1982. A high-precision calibration of the AD radiocarbon timescale. *Radiocarbon* 24: 1-26.

EVIDENCIAS HISTÓRICAS Y DENDROCRONOLÓGICAS DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA PATAGONIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 1000 AÑOS (PATAGON-1000)

HISTORICAL AND DENDROCHRONOLOGICAL EVIDENCES FOR GLACIER FLUCTUATIONS IN PATAGONIA DURING THE PAST 1000 YEARS (PATAGON-1000)

Silvia Delgado, Mariano Masiokas, Ricardo Villalba,
Dario Trombotto, Alberto Ripalta, José Hernández y Salvador Calí

Este trabajo ha sido realizado conjuntamente por profesionales de las unidades de Dendrocronología y Geociología, dentro del proyecto «Integración de Registros Instrumentales, Dendrocronológicos y Glaciológicos, y Variabilidad Climática de la Patagonia durante los últimos 1000 años». Mariano Masiokas y Alberto Ripalta son, respectivamente, becario y técnico de la Unidad de Dendrocronología.

This is a joint work by professionals from the Dendrochronology and Geocryology units, within the project «Integration of Instrumental, Dendrochronological, and Glaciological Registries, and Climatic Variability in Patagonia during the last 1000 years». Mariano Masiokas and Alberto Ripalta are, respectively, fellow and technician at the Dendrochronology Unit.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática interanual e interdecenal en América del Sur muestra grandes variaciones espaciales y temporales que están muy pobremente documentadas. Esta falta de conocimiento representa un desafío en nuestros intentos de comprender la naturaleza de los cambios ambientales pasados, así como de predecir los cambios climáticos futuros y las enormes consecuencias socio-económicas que tendrán. La caída en la producción de energía hidroeléctrica en la década de 1980, la ocurrencia de devastadores incendios forestales, la reducción substancial de la capacidad de carga ganadera de la estepa patagónica con el consiguiente deterioro de sus pasturas naturales y la clausura de las canchas de ski por falta de nieve, son algunos de los impactos socio-económicos debidos a las variaciones climáticas, que justifican plenamente el estudio de las variaciones climáticas en la

Patagonia Argentina. A su vez, el aumento de los gases de tipo invernadero en la atmósfera debido a las actividades antropogénicas dificulta la tarea de diferenciar las variaciones climáticas naturales de aquellas inducidas por el hombre, principalmente durante los últimos 100 años. La escasez de registros meteorológicos confiables y extensos en todo el mundo, y particularmente en América del Sur, constituye otra limitante en nuestro esfuerzo de discriminar variaciones climáticas naturales de las inducidas por el hombre. De allí la necesidad de usar registros ambientales (naturales), tales como los anillos de árboles, para poder reconstruir las variaciones climáticas pasadas en aquellos períodos en que la influencia de las actividades humanas a escala global fue mínima.

La región de los Andes Patagónicos reúne una serie de condiciones ambientales que la hacen sumamente adecuada para el estudio de la variabili-

INTRODUCTION

The interannual and decadal-scale climatic variability of South America exhibits large spatial and temporal variances that remain poorly documented. This lack of knowledge is a serious challenge in our efforts to understand and predict both climate changes and the environmental and socio-economic impacts that result from such changes. The seasonal falls in the production of hydroelectric energy, the forest fires, the precipitation decrease during prolonged periods determining a substantial reduction of the cattle load of the Patagonian steppe with the consequent deterioration of their natural pastures, as well as the closing of the winter seasons of ski, are among the socioeconomic impacts owed to climatic fluctuations fully justifying the study of those fluctuations in the Argentine Patagonia. Additionally, the anthropogenic greenhouse effect of recent decades imposes limitations in discriminating natural climatic

variability from climatic changes, which may be induced or enhanced by human activities. At present, the shortness of available meteorological records constitutes the major limitation to properly discriminate natural climatic variability from human-induced climatic changes. Thus the necessity to use environmental (natural) registries, such as the rings of trees, in order to reconstruct the past climatic variations in those periods where the influence of human activities at global scale was minimum.

The Patagonian Andes region reunites a series of environmental conditions that make it extremely suitable for the study of the natural climatic variability at the medium and long term. The mountainous systems are highly sensitive to the climatic variations and these systems provide complementary environmental registries of wide range with temporary and spatial resolution (Luckman 1994). The presence of the Andes

Fig 1. Ubicación de los sitios de estudio del proyecto PATAGÓN-1000.

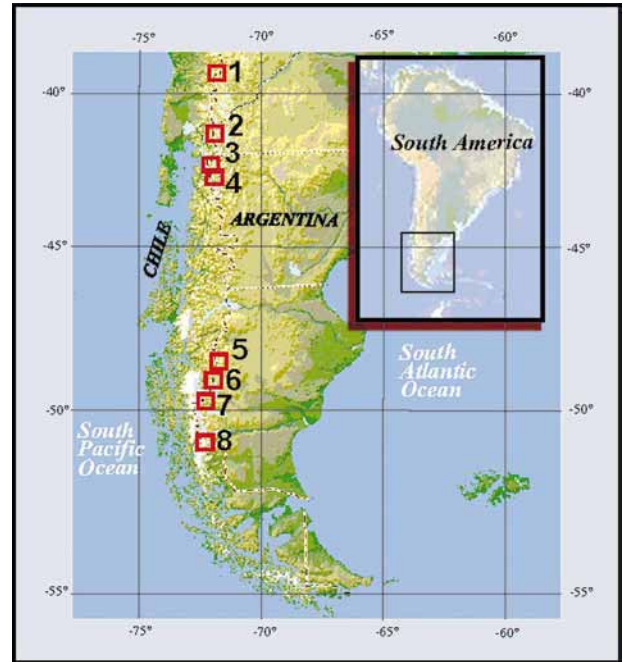
- 1) Lanín Norte,
- 2) Tronador,
- 3) Esperanza Norte,
- 4) Torrecillas,
- 5) Cerro Hermoso,
- 6) Narváez,
- 7) Piedras Blancas y
- 8) Ameghino.

Fig 1. Location of the chosen sites Lanín Norte (39.39°S), Ventisquero Negro (41.10°S), Esperanza Norte (42.15°S), Torrecillas (42.40°S), Cerro Hermoso (47.35°S), Narváez (48.30°S), Piedras Blancas (49.20°S) and Ameghino (50.25°S).

dad climática natural de mediano y largo plazo. Los sistemas biológicos y físicos en áreas de montaña son altamente sensibles al clima y proveen registros complementarios (anillos de árboles y glaciares, por ejemplo) de las variaciones ambientales pasadas con un amplio rango de resolución temporal y espacial (Luckman 1994). La presencia de cuerpos de hielo en los Andes Patagónicos rodeados por una densa vegetación arbórea brinda la oportunidad de integrar registros glaciológicos y dendrocronológicos en un amplio rango de escalas temporales y espaciales. El componente de baja frecuencia en las series de anillos de árboles se ve afectado por los procesos de estandarización (Cook 1987). Para modelar correctamente la señal climática de baja frecuencia se pueden usar las evidencias que proveen las fluctuaciones glaciarias en el orden de las décadas y las centurias.

Existen en la región de estudio series meteorológicas de más de 60 años de extensión que permiten modelar en forma adecuada la respuesta, tanto de los anillos de los árboles como de los glaciares a las fluctuaciones climáticas. A su vez, la región Andino-Patagónica es una de las áreas a escala mundial menos afectadas por actividades antrópicas tales como lluvia ácida o fertilización por nitrógeno. Esto facilita la caracterización de la variabilidad natural del sistema climático, ya que los cambios en el crecimiento de los árboles inducidos por estos factores antrópicos pueden considerarse mínimos en la región patagónica.

En este trabajo brindamos algunos ejemplos de cómo integrar registros climáticos instrumentales, documentos históricos, registros de anillos de árboles y fluctuaciones glaciarias para documentar la variabilidad climática durante las últimas centurias en



Patagónicos covered by dense arboreal vegetation offers the opportunity to complement dendrochronologic registries (ring of trees) with glaciological ones. The low-frequency component in tree-ring records may be affected by standard-

ization procedures (Cook, 1987), therefore, the fragmentary records of glacier fluctuations, which integrate decade- to century-scale climatic variations, can be used to properly model the low frequency in tree-ring records.

Fig 2. Cambio en el frente del glaciar Lanín Norte durante los últimos 104 años documentado a través de fotografías de F. Moreno en 1896 (izquierda) y de los autores en 2001 (derecha).

Fig 2. Changes in the Lanín Norte glacier front documented by photographs from Moreno in 1896 (left) and from the authors in 2001 (right).

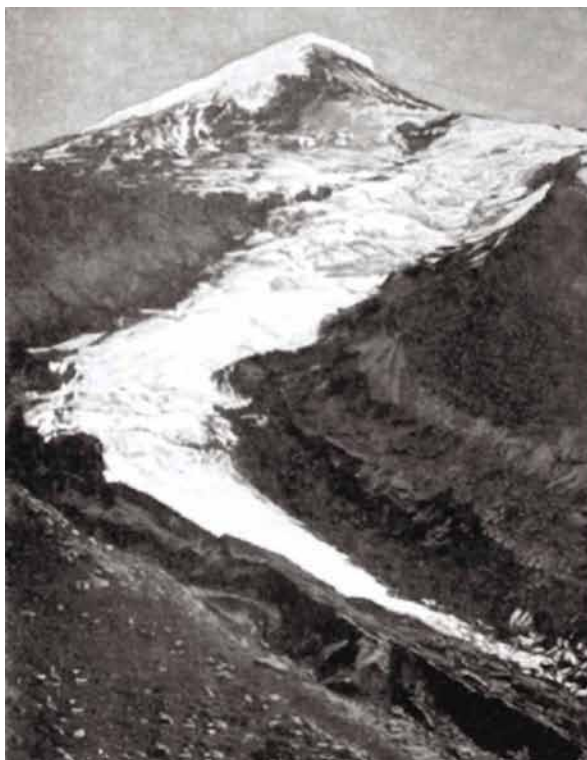
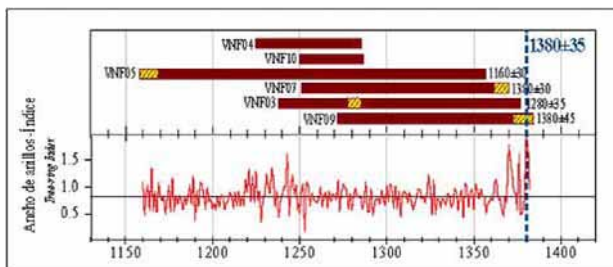


Fig. 3. Troncos subfósiles in situ exhumados recientemente por un arroyo secundario que vierte sus aguas a la cuenca del Glaciar Narvaéz. La cronología flotante obtenida a partir de dichas muestras se ve en la parte inferior. Las dataciones radiocarbónicas se indican con cajas amarillas.

Fig. 3. Lifespans of sub-fossil stumps standing in situ along a secondary stream, which dissected the largest Neoglacial moraine (upper). Radiocarbon dates and their ranges are indicated for the yellow boxes on the preserved records. A floating tree-ring chronology from the cross-dated sub-fossil stumps is shown in the lower part.



Patagonia (38–50°S, **Fig. 1**). El objetivo general de nuestro proyecto es caracterizar la variabilidad climática natural en esta región durante los últimos 1000 años, con especial énfasis en la variabilidad de largo plazo (decenal y secular). Para ello, han sido seleccionados 8 sitios de estudio.

METODOLOGÍA

A través de los registros meteorológicos disponibles en Patagonia estamos caracterizando las variaciones interanuales e interdecenales del clima en los últimos 60–80 años. Esta caracterización climática es revalidada con el uso de documentos históricos, tales como fotos antiguas que registran la posición de algunos glaciares desde fines del siglo XIX, el uso de fotos aéreas a partir de mediados del siglo XX, y de imágenes satelitales que proveen cambios en las masas de hielo para las últimas décadas. La dendrocronología nos permite

retroceder en el tiempo algunas centurias e inclusive milenios en función de la longevidad de las especies arbóreas que se encuentran en los bosques de las áreas de estudio. Los anillos de los árboles son también empleados para datar los depósitos glaciares basándonos en la edad de los árboles que crecen sobre ellos. Por último, en algunos sitios se han encontrado bosques sub-fósiles (troncos enterrados por los glaciares en sus avances), que datados radiométricamente nos permiten no sólo conocer la edad de los depósitos glaciares sino también extender las cronologías de anillos de árboles aún más en el tiempo.

A continuación se presentan ejemplos del uso combinado de algunas de estas estrategias de análisis aplicadas en tres de los ocho sitios en estudio.

Glaciar Lanín Norte

El rastreo de viejos documentos permitió encontrar una

In the study region there exist meteorological series extensive enough (more than 60 years) to model in suitable form the response of tree-rings as well as of glaciers to the climatic fluctuations. Similarly, the Andean-Patagonian region is one of the areas less affected by the anthropic activity—such as acid rain or nitrogen fertilization— at world level. This facilitates the study of the natural variability of the climatic system, since here the contribution of man to the regional climatic change can be considered minimum.

An integration of instrumental, tree-ring, and glaciological records in the southern Andes is presently being conducted to document annual- to decadal-scale climatic variability during the last centuries across Patagonia (38–50°S, **Fig. 1**). The major goal is to characterize the natural climatic variability in this region, with particular emphasis on long-term variability (centuries and decades). Eight sites of study were chosen, based on the possibility of obtaining elements for analysis.

METHODS

Through the meteorological registries available in Patagonia we are characterizing the interannual and interdecadal variations of the climate in the last 60–80 years.

This climatic characterization is validated using historical documents, such as old photos from the end of the 19th century showing the position of some glaciers, aerial photos from the middle of the 20th century and satellite images that provide changes in the ice masses for the last decades. Dendrochronology allows us to go back in time centuries and even millennia, based on the longevity of the tree species that form the forests in the study area.

Tree rings are also used to date glaciers deposits based on the age of the trees growing on their surface. Finally, sub-fossil forests have been found in some sites (trunks buried by glaciers in their advance), that radiometrically dated allow us not only to know the age of the glaciers deposits but also to extend the tree-ring chronologies even more along time. Next follow examples of the combined use of some of these analyses strategies applied in three of the eight sites being studied.

Lanín Norte Glacier

The search for all documents yielded a photography from 1896 taken by Francisco Moreno. In March of 2001, we relocated the site of the original take (**Fig. 2**), which allowed us to evaluate the impressive receding of the North Lanín

Fig. 4. Cambios documentados en la posición terminal del frente del Glaciar Narvaéz en los últimos 100 años documentados a través de fotografías tomadas por Hatcher en 1896 (izquierda) y los autores en 1998 (derecha). La línea roja en la foto derecha marca el tamaño que alcanzaba el glaciar en 1896.

Fig. 4. Change in the Narvaéz Glacier front position documented by photographs from Hatcher in 1896 (left), and from the authors in 1998 (right).



Fig 5. Morenas terminales del glaciar Piedras Blancas. Las posiciones del frente del glaciar durante el siglo XX fueron establecidas a partir de fotos terrestres (1938), aéreas (1968 y 1981) y control de campo (1998). Se indican también los árboles muestreados para datar los depósitos morénicos. Para cada morena muestreada se indica el año de nacimiento del árbol más viejo creciendo sobre ella.

Fig 5. Piedras Blancas Glacier terminal moraines, showing historic (old photographs and aerial photographs) ice positions, the extension of the maximum latest-Neoglacial advance and location of sampled trees. For each sampling site, the indicated date corresponds to the innermost ring counted on the oldest tree on the moraine.

Fig 6. Reconstrucción de las variaciones de la temperatura anual para la región austral de Patagonia a partir de cuatro cronologías de *Nothofagus pumilio*.

Fig 6. Reconstruction of annual temperature variations for southern South America from four upper-elevation *Nothofagus pumilio* records.

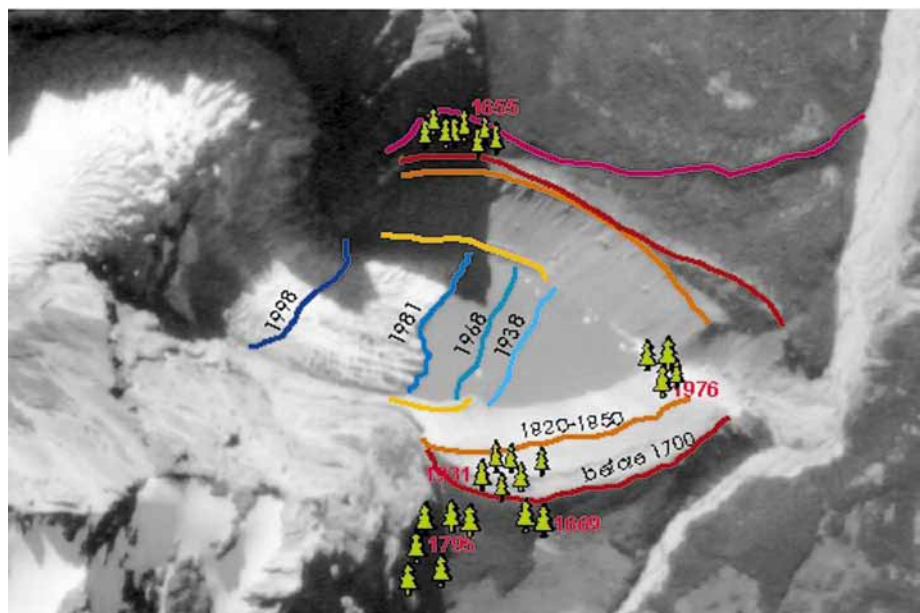
fotografía de 1896 tomada por el Perito Francisco Moreno. En Marzo de 2001, reubicamos el sitio de la toma original (**Fig. 2**), lo que nos permitió evaluar el impresionante retroceso sufrido por el glaciar Lanín Norte en los últimos 100 años.

Glaciar Narváez

En el área de estudio se encontraron troncos de un antiguo bosque que fue arrasado por el glaciar Narváez durante el último avance Neoglacial. Las muestras provenientes de los distintos troncos rescatados de los depósitos fueron co-fechaadas dendrocronológicamente. Esto nos permitió desarrollar una cronología flotante y saber que todos los árboles muertos crecieron en un mismo intervalo de tiempo. La datación absoluta de las muestras se realizó a través de dataciones radiocarbono, las que nos permitieron saber que los árboles murieron a fines del siglo XIV (alrededor de año A.D. 1380 ± 35 años, **Fig. 3**). A su vez, material fotográfico de 1896 nos permitió valorar el retroceso sufrido por el glaciar Narváez durante los últimos 100 años (**Fig. 4**).

Glaciar Piedras Blancas

En este sitio se han analizado e interpretado fotografías aéreas, viejas fotografías terrestres, anillos de árboles y registros meteorológicos. La combinación de estas técnicas nos



permitieron establecer las posiciones pasadas del frente del glaciar y reconstruir la temperatura regional a partir del año 1640 (**Figs. 5 y 6**)

DISCUSIÓN

En los ocho sitios de estudio, complejos sistemas morénicos se encuentran ubicados valle abajo a distancias variables de los frentes actuales de los glaciares (0.1-2.5 km), evidenciando la ocurrencia de avances de los cuerpos de hielo durante las últimas centurias. Los resultados obtenidos hasta el presente sobre la base de las técnicas dendrocronológicas y radiométricas mencionadas indican que las morenas más

glaciar durante the last 100 years.

Narváez Glacier

Many stumps from an ancient forest ravaged by the Narváez glacier during the last Neoglacial advance were found at the studied area. The samples proceeding from the different stumps were dendrochronologically co-dated. This led to a floating chronology and to the knowledge that all the dead trees grew at the same time interval. Absolute dating of the samples was done through radiocarbon, which revealed that the trees died at the end of the 14th century (ca. AD 1380 ± 35 yrs., **Fig. 3**). At the same time, photographic material

from 1896 allowed us to assess the retreat of the Narváez glacier during the last 100 years.

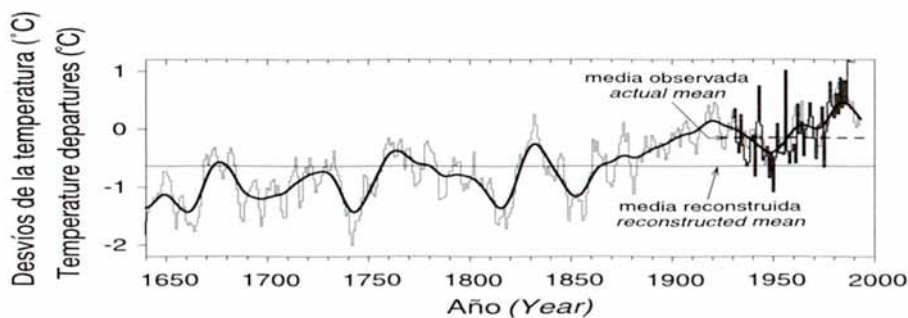
Piedras Blancas Glacier

Here we have analyzed and interpreted aerial photos, old photos, tree rings and meteorological records. The combination of these techniques permitted to establish the past positions of the glacier front and to reconstruct the regional temperature since 1640 (**Figs. 5 and 6**).

DISCUSSION

At all eight glaciers, complex systems of moraines lie between the present glacier fronts and the outer moraines from the last Neoglacial event, evidence of minor glacial advances during the dominant trend of glacial retreat in the region. Ring counts from trees growing on the moraines and radiometric ages from trunks in the deposits indicates that the outer moraines were formed between AD 1640 and 1710.

Most data support similarities in glacial history between sites,



externas fueron formadas entre los años A.D. 1640 y 1710. La mayoría de los sitios presentan similitudes en la historia glaciaria, y por lo tanto en la historia climática. Sin embargo, las características propias de cada glaciar tales como su tamaño, forma y orientación de la cuenca, introduce algunas diferencias en la respuesta del

hielo al clima. Los resultados aquí expuestos representan un primer intento de documentar la historia climática en Patagonia durante los últimos 1000 años. Actualmente se continúa trabajando en el refinamiento de esta historia ambiental sobre la base de las técnicas mencionadas en este trabajo.

however, different glacier sizes and basin topographical features introduce local differences in glacier responses to climate.

The results presented here represent a first attempt to

document glacial history across Patagonia. More detailed reconstructions of both climate and glacial history along the Patagonian Andes are presently being conducted.

Pablo E. Villagra

Doctor en Biología orientación Ecología de la Universidad Nacional de Cuyo. Actualmente se desempeña en el Laboratorio de Dendrocronología del IANIGLA estudiando la estructura y dinámica del bosque de algarrobo (*Prosopis flexuosa* D.C.) en la Provincia Fitogeográfica del Monte, y las implicancias para su manejo.

Doctor in Biology specialized in Ecology, Universidad Nacional de Cuyo. Currently he is working on the structure and dynamics of Prosopis flexuosa woodlands in the Monte Biogeographical Province. He is a member of the Dendrocronology Lab, IANIGLA, since 1998.

Mariano S. Morales

Biólogo egresado de la Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente goza de una beca de formación de postgrado otorgada por el CONICET para realizar una tesis doctoral. Se desempeña en el Laboratorio de Dendrocronología del IANIGLA investigando el rol que los factores climáticos y/o antrópicos tienen, o han tenido, sobre la estructura y dinámica de los bosques de *Prosopis ferox* en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina.

Biologist, Universidad Nacional de Córdoba. Currently, he has a graduated scholarship from CONICET at the Dendrocronology Lab, IANIGLA. He is working on the influence of climatic and human factors on the structure and dynamics of Prosopis ferox woodlands in the Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina.

DENDROECOLOGÍA DE LOS ALGARROBALES DE LA ZONA ÁRIDA ARGENTINA

DENDROECOLOGY OF PROSOPIS WOODLANDS IN THE ARGENTINE ARID ZONE

Pablo E. Villagra, Mariano S. Morales, Ricardo Villalba y José A. Boninsegna

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Prosopis* constituyen elementos dominantes de los bosques de zonas áridas y semiáridas en Argentina. La estructura de estos bosques es diferente entre las distintas regiones biogeográficas. Por ejemplo, mientras en el Chaco subhúmedo pueden alcanzar coberturas cercanas al 100%, en zonas más secas se observa una complejidad estructural decreciente y una disminución en la cobertura del estrato arbóreo (Cabido et al., 1993). En las zonas áridas (<400 mm de precipitaciones), se observan bosques abiertos de varias especies del género *Prosopis* que aparecen exclusivamente donde hay un suplemento extra de agua (e.g. freática cercana) (Morello, 1958; Roig, 1993).

Los algarrobales de las zonas áridas han sido fuente de subsistencia para numerosas comunidades humanas durante varios siglos y hasta el presente sigue siendo explotado por los habitantes de la zona (Abraham y Prieto, 1999). Desde el punto de vista económico, los algarrobales han sido sometidos a una explotación con

concepto minero, sin ajustar la velocidad de extracción a la velocidad de renovación de los recursos extraídos. A esto se le suma la escasa capacidad de recuperación natural que tienen estos sistemas dadas las características ambientales extremas a las que se hayan sometidos y a las condiciones actuales de alta degradación.

El conocimiento de la estructura y dinámica de estos bosques permitirá plantear estrategias de manejo y recuperación de los mismos. A través del estudio de los anillos de crecimiento se puede conocer, entre otras cosas, la edad de los árboles y su tasa de crecimiento anual, y la capacidad de regeneración de la población. A esto se suma la necesidad de desarrollar reconstrucciones dendroclimáticas en áreas donde los bosques de *Prosopis* son la única fuente de información paleoclimática disponible con resolución anual y adecuada longevidad. En una primera instancia nos propusimos analizar aspectos de la ecología de los bosques de *P. flexuosa* de la Provincia Fitogeográfica del Monte y de *P. ferox* en la Prepuna.

INTRODUCTION

The species of the *Prosopis* genus are dominant elements in the woodlands of the arid and semiarid zones of Argentina. The structure of these woodlands varies among the different biogeographical regions. For instance, at the subhumid Chaco they can reach cover close to 100%, whereas in the drier zones there is a decreasing structural complexity and a decrease in the cover of the tree layer (Cabido et al., 1993). In the arid zones (<400 mm precipitation), there are open woodlands with several species of the *Prosopis* ("algarrobales"), which appears exclusively where there is an extra water supplement (e.g. nearby phreatic layer) (Morello, 1958; Roig, 1993).

Prosopis woodlands of the arid zones have been a source of subsistence for numerous human communities during several centuries, and even presently they continue being exploited by the zone inhabitants (Abraham and Prieto, 1999). From the economical point of view, these woodlands have been used with a mining concept, with no adjustment of

the extracting rate to the rate of renewal of the wood production. In addition, these arid ecosystems have a low natural restoration capacity due to both the extreme environmental conditions and the present high degradation conditions.

The knowledge of the structure and dynamics of these forests will allow to pose strategies for their management and recuperation. Through the study of the tree rings it is possible to know, among other things, the age of the trees and the annual ratio of growth, plus the regeneration capacity of the population. In addition, it is necessary to develop dendroclimatic reconstructions in areas where the *Prosopis* woodlands are the only available source of paleoclimatic information with annual resolution and suitable longevity. One first step was to analyze aspects of the ecology of the *P. flexuosa* woodlands in the Monte desert, and those of *P. ferox* in the Prepuna.

WOOD STRUCTURE

The species of the *Prosopis* genus have a complex woody tissue where the determination of the growth rings is not

Fig. 1. Anillos de crecimiento en *Prosopis flexuosa* y *P. ferox*. A) Xilema en corte transversal de *P. flexuosa* con bandas de crecimiento diferenciadas (flechas verticales). B) Xilema en corte transversal de *P. flexuosa* con detalle del arreglo de los elementos entre dos anillos de crecimiento. C) Xilema en corte transversal de *P. ferox* donde se observan los anillos de crecimiento definidos por bandas continuas de parénquima terminal. D) Detalle de la banda de tejido parenquimático terminal de *P. ferox*. En cada figura la barra blanca representa 0,2 mm.

Fig. 1. Growth rings in P. flexuosa and P. ferox. A) Xylem cross-section of *P. flexuosa* with differentiated growth bands (vertical arrows). B) Xylem cross-section of *P. flexuosa* with details of the element arrangement along growth rings. C) Transversal section of *P. ferox* showing the growth rings defined by continuous bands of the terminal parenchyma. D) Detail of the terminal parenchyma tissue band of *P. ferox*. The white bar stands for 0.2 mm in each figure.

ESTRUCTURA DE LA MADERA

Las especies del género *Prosopis* poseen un tejido leñoso complejo en el cual la determinación de sus anillos de crecimiento no siempre es simple y sencilla. En una primera aproximación, podríamos reconocer, en un corte transversal de la madera de *Prosopis*, tres elementos constitutivos dominantes: vasos, parénquima y fibras. El observador debe tener en cuenta el arreglo espacial de estos elementos en el leño para delimitar los anillos de crecimiento. La presencia de parénquima terminal y de vasos de mayor diámetro al comienzo de las bandas de crecimiento (porosidad semicircular) son los caracteres más frecuentemente asociados con la delimitación de los anillos en el leño de *Prosopis* (Castro, 1994; Villalba et al., en prensa).

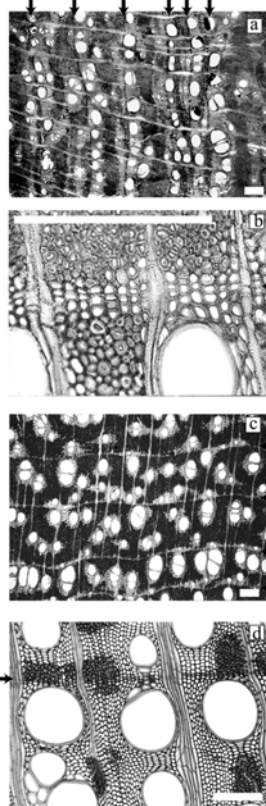
Los anillos de *P. flexuosa* están demarcados por una banda de parénquima terminal y el diferente arreglo de los elementos de conducción en el leño temprano y tardío. Generalmente presenta porosidad semicircular con vasos grandes, a veces solitarios en el leño temprano, y vasos más pequeños y agrupados en el leño tardío (**Fig. 1 A y B**) (Villalba, 1985). Siguiendo la actividad cambial se determinó que este arreglo corresponde a un anillo anual formado durante la estación de crecimiento que se extiende entre mediados de octubre y abril (Villalba, 1985). Por su parte, los anillos de crecimiento de *P. ferox* están demarcados por una banda de tejido parenquimático terminal de color más claro que el tejido fibroso circundante. En este caso, la porosidad tiende a estar distribuida en forma más difusa (**Fig. 1 C y D**) (Morales et al., 2001).

CRECIMIENTO DE LOS ALGARROBOS

La presencia de anillos de crecimiento definidos y de periodicidad anual permitió encarar estudios dendroecológicos con el objeto de determinar tasas de crecimiento y su relación con los factores ecológicos. Para esto se inició el conteo y la medición de anillos en distintas poblaciones de *P. flexuosa* y *P. ferox*.

El crecimiento corriente de *P. flexuosa* es muy variable entre los distintos bosques y entre los individuos de un mismo bosque (**Fig. 2**). No obstante se observa que los valores medios de crecimiento disminuyen de norte a sur a lo largo del Monte. Para ejemplares de aproximadamente 60 años de edad los incrementos diamétricos corrientes medios varían desde 8 mm en los Valles Calchaquíes (26°S) (Calzon Adorno 1995), 6 mm en Pipanaco (28°S) (Villagra y Cony, datos no publicados), 4 mm en Telteca (32,5°S) hasta 2 mm en Ñacuñán (34°S). Por su parte, el crecimiento diamétrico promedio de una población de *P. ferox* en la Quebrada de Humahuaca (22°S; 3500 msnm) fue de 1,9 mm/año.

Existe una marcada diferencia en la velocidad de crecimiento de *P. flexuosa* con la edad. Es muy lento durante los primeros años de vida y alcanza un máximo entre los 25 y los 30 años. En Ñacuñán, el crecimiento corriente de renovales de *P. flexuosa* menores de 15 años de edad es inferior a 1 mm por año. Estas bajas velocidades de crecimiento diamétrico de los renovales podrían deberse a la menor capacidad de obtención de agua del suelo por parte de sistemas radiculares poco desarrollados. Posteriormente, al alcanzar una fuente de agua



always simple. One first approach would lead us to recognize in the cross cut of *Prosopis* wood three main constitutive elements: vessels, parenchyma and fibers. Observers must bear in mind the spatial arrangement of these elements in the wood to delimit the growth rings. The presence of terminal parenchyma and larger diameter vessels at the beginning of the growth bands (semi-circular porosity) are the features more frequently associated with the delimitation of rings in the wood of *Prosopis* (Castro 1994; Villalba et al., in press).

P. flexuosa rings are delimited by a band of terminal parenchyma and by the different arrangement of the conducting elements in the early and late wood. It generally has semicircular porosity with large vessels, sometimes alone in the early wood and, smaller and

grouped in the late wood (**Fig. 1 A and B**) (Villalba, 1985). Following the cambial activity it was determined that this arrangement corresponds to an annual ring formed during the growth season extending between the middle of October to April (Villalba, 1985). On the other hand *P. ferox* rings are delimited by a band of terminal parenchyma of a lighter color than the surrounding fibrous tissue. In this case, the porosity tends to be distributed more diffusely (**Fig. 1 C and D**) (Morales et al., 2001)

GROWTH OF P. FLEXUOSA AND P. FEROX

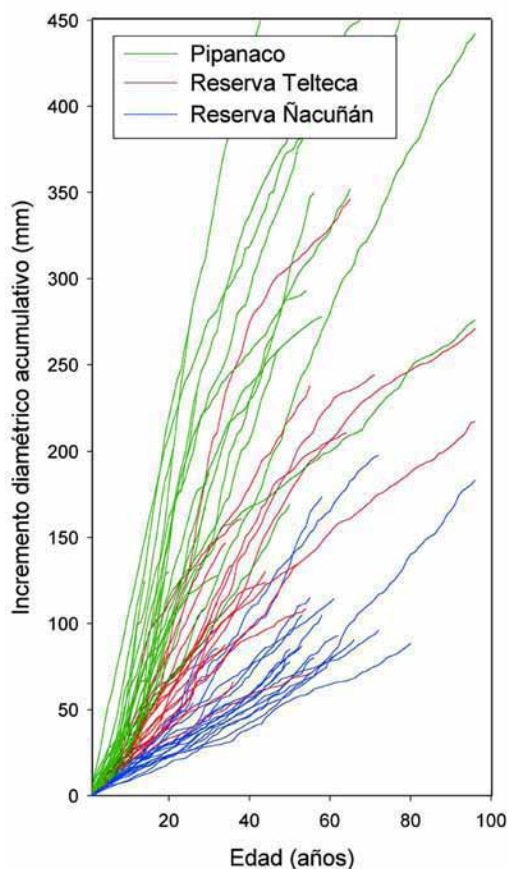
The presence of defined growth rings plus their annual periodicity allow us to use a dendroecological approach to determine the growth rates and their relationships with ecological factors. Bearing this in mind, we initiated the counting and measuring of rings in different *P. flexuosa* and *P. ferox* populations.

P. flexuosa current growth varies quite a lot between the different woodlands and among the individuals of the same population (**Fig. 2**). Nevertheless it is observed that the mean growth values decrease from north to south along the Monte. In individuals of approximately 60 years old, the mean current diameter increase varies from 8 mm at the Valles Calchaquíes (26° S) (Calzon Adorno, 1995), 6 mm at Pipanaco (28°) (Villagra and Cony, unpublished data), 4 mm at Telteca (32.5° S) to 2 mm at Ñacuñán (34°S). Besides, the average diameter growth of a *P. ferox* population at the Quebrada de Humahuaca (22°S; 3500 m asl) was of 1.9 mm/year.

There exists a marked difference on the growth rate of *P. flexuosa* with age. It is very

Fig. 2. Crecimiento diamétrico acumulado en distintos individuos de *P. flexuosa* provenientes de Pipanaco (Catamarca), Telteca y Ñacuñán (Mendoza). Nótese la variación de crecimiento entre los distintos individuos de la misma población.

Fig. 2. Accumulated diametric growth in several individuals of *P. flexuosa* from Pipanaco (Catamarca), Telteca and Ñacuñán (Mendoza). Note the variation in growth among the different individuals from the same population.



subterránea, se produciría un incremento en la tasa de crecimiento.

IMPPLICANCIA PARA EL MANEJO

La aplicación del análisis dendrocronológico en el manejo es directa y representa una herramienta indispensable en la planificación de aprovechamientos sustentables de bosques. Las tasas de crecimiento observadas en los distintos algarrobales estudiados indican que los turnos biológicos de corta son más largos de lo que se ha pensado y se viene aplicando hasta la actualidad. Para definir el turno biológico de corta de una población se determina la edad de la planta donde el crecimiento anual corriente (crecimiento promedio en una edad determinada) es menor al

crecimiento anual promedio alcanzado hasta ese momento (crecimiento acumulado dividido la edad de la planta). Como la variable que mejor se correlaciona con el volumen económico es el área basal, debe estimarse el incremento anual en área basal para cada edad a partir del incremento diamétrico medido. Siguiendo estos criterios, se calculó el turno biológico de corta para *P. flexuosa* en Pipanaco (Catamarca). En la **Figura 3**, se presenta el crecimiento basal corriente observándose que el mayor crecimiento basal, y por lo tanto el mayor aporte en madera, se da entre los 40 y 90 años y que el turno biológico de corta es de aproximadamente 130 años (Villagra y Cony, datos no publicados). Este resultado implica que es necesario replantear la mayoría de los emprendimientos

Fig. 3. Incremento basal corriente e incremento basal promedio de la población de *P. flexuosa* en el Bolsón de Pipanaco (Catamarca).

Fig. 3. Current and average basal increment of the *P. flexuosa* population at the Bolsón de Pipanaco (Catamarca).

slow during the first years and it reaches a maximum between the 25 and 30 years. At Ñacuñán, the current growth of individuals younger than 15 years is lower than 1 mm a year. The low rates of diametric growth for saplings could be caused by their limited capacity to obtain water from the soil due, in part, to the root system poorly developed. Later on, a growth increase would happen when the roots reached a subterranean water source.

IMPORTANCE FOR MANAGEMENT

It is highly recommend to apply a dendrochronological approach in any study intended to manage and conserve the forests. The growth ratio observed in different algarrobales indicate that the biological turns for cutting are longer than those presently used. In consequence, the actual practices of management are not correct. The tree age when the current annual growth (average growth at a determined age) turns lower than the average annual growth (accumulated growth divided by the plant age) gives a measure of the biological rotation for a population. As the variable better correlated with the economic volume is the basal area, the annual growth at the basal area has to be

estimated for each tree in a stand. The biological rotation for *P. flexuosa* at Pipanaco (Catamarca) was calculated following those criteria. The current basal growth can be seen in **Figure 3**. The higher basal growth, and consequently the highest wood contribution, occurs between 40 and 90 years, and the cutting biological turn is of approximately 130 years. The results suggest that it is necessary to rethink most of the existent forestal practices, and even the forestal legislation. For example, it has traditionally been advised to cut those trees with more than 30-cm diameter. This means felling trees before they have reached the highest growth ratio.

RELATION WITH THE CLIMATE

The results of the first *P. ferox* studies indicate that the variations in the width of the rings are strongly controlled by climatic characteristics during the growth season. While precipitation is positively correlated with radial growth, temperature is inversely correlated, thus indicating that the factor that controls growth is the water balance (**Fig. 4**). In this way, very high temperatures during the growth season would act increasing the evapotranspiration and

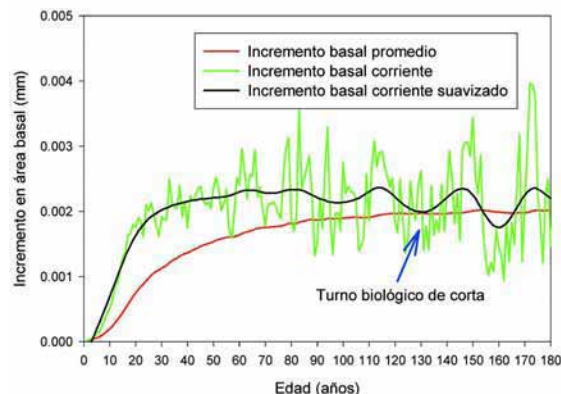


Fig. 4. Función de respuesta de la cronología de *Prosopis ferox* al clima calculada sobre la base de correlaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las variaciones mensuales en la temperatura y la precipitación en La Quiaca para el período 1920-1990. Las líneas segmentadas representan los límites de significancia de 95% de los coeficientes de correlación (tomado de Morales et al., 2001).

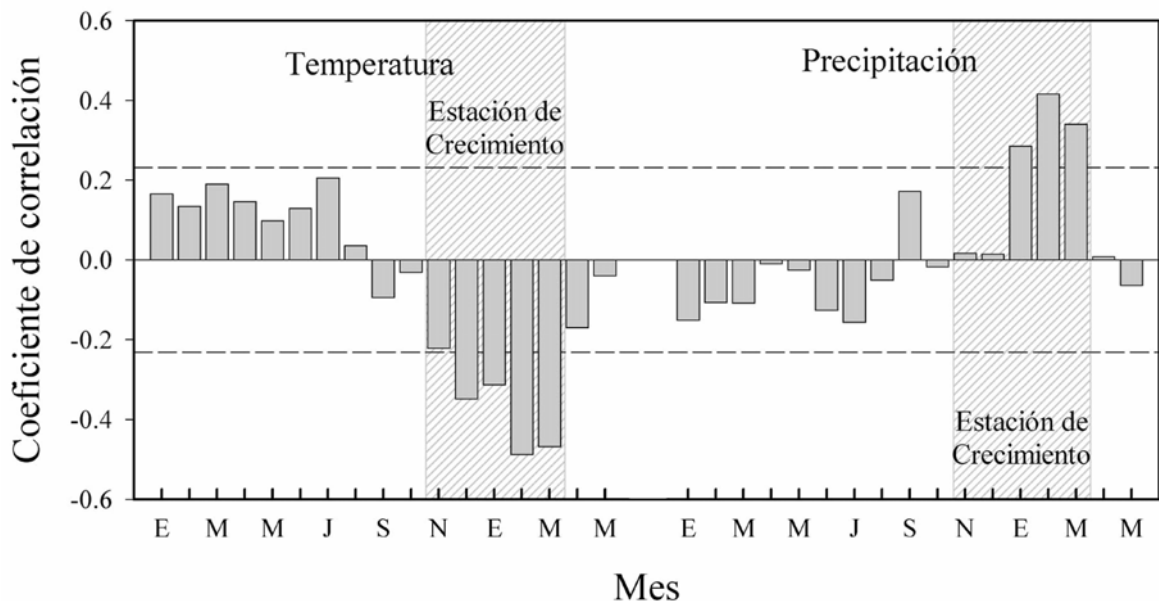


Fig. 4. Response function for *Prosopis ferox* chronology. Precipitation and temperature records from La Quiaca were used for comparison with tree growth over the interval 1920-1990. The dashed lines represent the 95% confidence level for the correlation coefficients (from Morales et al., 2001).

forestales existentes, incluso la legislación forestal. Por ejemplo, tradicionalmente se ha aconsejado cortar árboles mayores a 30 cm de diámetro, esto significa cortar árboles antes de que alcancen la mayor tasa de crecimiento forestal.

RELACIÓN CON EL CLIMA

Los resultados de los primeros estudios en *P. ferox* indican que las variaciones en el ancho de los anillos están fuertemente controladas por las características climáticas durante la estación de crecimiento. Mientras la precipitación está correlacionada positivamente con el crecimiento radial, la temperatura lo está inversamente, indicando que el factor que controla el crecimiento es el balance hídrico (Fig. 4). Así, las temperaturas muy elevadas durante la estación de crecimiento actuarían aumentando la evapotranspiración y reduciendo la disponibilidad de agua en el suelo.

Estas características sumadas a

la longevidad de la especie (>500 años) indicarían que *P. ferox* posee el potencial para desarrollar reconstrucciones climáticas de varios siglos de extensión.

CONCLUSIONES

La presencia de anillos anuales de crecimiento en *P. flexuosa* y *P. ferox* brinda la oportunidad de estudiar la estructura y dinámica de bosques de zonas áridas y semiáridas a través de métodos dendrocronológicos. Esta posibilidad se amplía si se tienen en cuenta otras especies del género que presentan anillos de crecimientos visibles, como *P. campestris*, *P. chilensis* y *P. caldenia*.

Los algarrobales del Monte y la Prepuna presentan bajas tasas de crecimiento, especialmente durante los primeros años de vida. La variabilidad climática ha demostrado ser un factor determinante del crecimiento.

El uso de técnicas dendrocronológicas es una herramienta de suma utilidad en la planificación del aprovechamiento sustentable de los bosques de zonas

reduciendo la disponibilidad de suelo agua.

These characteristics added to the species longevity (>500 years) would indicate that *P. ferox* has the potential to develop climatic reconstructions of several centuries length.

CONCLUSIONS

The presence of annual growth rings in *P. flexuosa* and *P. ferox* allows us to study the structure and dynamics of the woodlands from the arid and semiarid zones through dendrochronological methods. Other species of the genus, such as *P. campestris*, *P. chilensis* and *P. caldenia*, seem to offer the same possibility.

Prosopis woodlands of the Monte and the Prepuna present low growth rate, especially during the first years of life. The climatic variability has shown to be a determinant growing factor.

Dendrochronological techniques are useful in planning the sustainable use of the forest in the arid regions. The low growth rate and the

reduced success of regeneration have to be considered in any attempt to manage the algarrobales.

REFERENCIAS REFERENCES

ABRAHAM, E.M. y M.R. PRIETO. 1999. Vitivinicultura y desertificación en Mendoza. En: Estudios de historia y ambiente en América: Argentina, Bolivia, México, Paraguay (García Martínez, B., ed.). IPGH - Colegio de México. 109-135.

CABIDO, M.; C. GONZÁLEZ, and S. DÍAZ. 1993. Vegetation changes along a precipitation gradient in Central Argentina. *Vegetatio*, 109:5-14.

CALZON ADORNO, M.E. 1995. Estudio de la productividad económica de un bosque de algarrobo en el Departamento de Cafayate. Pcia de Salta. Tesis profesional. Universidad Nacional de Salta. 69 pp.

CASTRO, M.A. 1994. Maderas Argentinas de *Prosopis*. Atlas Anatómico. Secretaría General de la Presidencia de la Nación. República Argentina. 101 pp.

MORALES, M.S.; R. VILLALBA, H.R. GRAU, P.E. VILLAGRA, J.A. BONINSEGNA, A. RIPALTA y L. PAOLINI. 2001. Potencialidad de *Prosopis ferox* Griseb (Leguminosae,

áridas, en este caso deben ser tenidas en cuenta las bajas tasas de crecimiento y regeneración que presentan los mismos.

subfamilia: Mimosoideae) para estudios dendrocronológicos en desiertos subtropicales de alta montaña. Revista Chilena de Historia Natural, 74:889-896.

MORELLO, J. 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. Opera Lilloana, 2:5-115.

ROIG, F.A. 1993. Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del

Género *Prosopis* de la República Argentina. In: Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión de Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID (IADIZA, ed.). Mendoza, Argentina. 1-36.

VILLALBA, R. 1985. Xilem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* D.C. IAWA Bulletin, 6(2):119-130.

VILLALBA, R.; P.E. VILLAGRA, J.A. BONISEGNA, M.S. MORALES. y V. MOYANO. En prensa. Dendroecología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis*. Multequina.

EL ROL DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS CIENCIAS SOCIALES EN EL ESTUDIO DEL AMBIENTE

THE ROLE OF NATURAL AND SOCIAL SCIENCES IN ENVIRONMENTAL STUDIES

Teresita Castrillejo

Teresita Castrillejo

Lic. en Filosofía. Prof. en la U.N. de San Juan y en la U.N. de Cuyo. Investiga temas de Filosofía de la Ciencia, especialmente referidos a la problemática ambiental. Es Profesional Adjunta en la Unidad de Historia Ambiental (IANIGLA-CONICET) donde se dedica a determinar la validez de la documentación histórica con la que se trabaja.

Graduated in Philosophy at the University of Cuyo, Mendoza, Argentina. Prof. at the Universities of San Juan and Cuyo. She does research on topics of Epistemology, particularly those involving environmental policies. She also works at the Unit of Environmental History (IANIGLA-CONICET) where she devotes herself to determining the validity of the historical documentation used. (English version by N. Horak)

Los estudios científicos que encara el IANIGLA tienen distintas líneas de investigación y son realizados desde distintas disciplinas. Se reúnen en él investigaciones climatológicas, geológicas, geoquímicas, geográficas, etc. Desde esta diversidad se construye sin embargo la unidad de estudio. Podría decirse que ésta consiste en la investigación sistemática del ambiente. Siendo éste un concepto tan amplio que abarca desde los sistemas abióticos o físico-químicos hasta los componentes bióticos de los ecosistemas, cabe distinguir en él una dimensión física que es encarada por diversas ciencias naturales y una dimensión humana abordada desde las ciencias sociales. En el IANIGLA predomina el estudio del ambiente en su dimensión física. No faltan sin embargo trabajos en los que la investigación ha encarado conjuntamente la dimensión natural y humana del ambiente. Así ha ocurrido con el Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental, en muchos de cuyos estudios la dimensión antrópica ha sido preponderante.

La ciencia que abarca el estudio de la problemática del ambiente es la Ecología. El biólogo Ernst Haeckel fue

quien primero utilizó este término en 1869, entendiéndolo como el estudio de las relaciones de los organismos con su ambiente inorgánico u orgánico (Margalef, 1980). Haeckel era un difusor y sustentador de la teoría darwiniana.

La Ecología desde su mismo nacimiento está emparentada, pues, con la Biología. Su surgimiento forma parte de un vasto proceso histórico de avance del conocimiento científico sobre la naturaleza que comienza en el siglo XVI, enriquecido por la creación y perfeccionamiento de diversos instrumentos tanto de medición como de precisión en el alcance de la observación. Este proceso trajo inevitablemente la parcelación de los estudios, como modo de recortar del todo, partes, que permitieran su conocimiento en profundidad. Nacen importante cantidad de disciplinas que van definiendo su objeto de estudio. Este proceso coincide a su vez con el avance de un nuevo sistema de relaciones económicas y sociales como es el capitalismo que necesita dominar los recursos naturales pues así lo requiere su pujante comercio. Es el auge de las ciencias naturales.

The scientific studies undertaken by IANIGLA follow different lines of research, and are conducted by diverse scientific disciplines, each contributing a different approach. Thus, research works on climatology, geochemistry, geography, geology, etc. are included. Out of this diversity, however, a coherent study field is constructed. The task of the Institute might well be said to be the systematic investigation of the environment. This is so ample a concept, ranging from the abiotic to the biotic components of ecosystems, that it is certain to involve a physical dimension which is to be tackled by the Natural Sciences, and a social dimension which is for the Social Sciences to examine. In IANIGLA's environmental studies, the physical dimension prevails. Notwithstanding, studies dealing with both the natural and human dimensions of the environment are not lacking. In many of the studies made by the Dendrochronology and Environmental History Department, for instance, the human dimension has predominated.

The science that studies environmental problems is Ecology. The biologist Ernst Haeckel was the first to use this

term in 1869, which he understood as the study of the relationships between organisms and their inorganic or organic surroundings (Margalef, 1980). Haeckel was a supporter of the Darwinian theory, hence Ecology, from the outset, is closely related to Biology. Its emergence is part of a vast historical process involving the progress of the scientific knowledge of nature, dated back to the XVI century, and enriched by the development of, and improvements on, measuring and precision instruments rendering more and more accurate observations. An inevitable outcome of this process was the partitioning of scientific studies to be able to gain an in-depth knowledge of every part detached from the whole. A great number of scientific disciplines are then born, each intent on defining its own subject-matter. This process coincides with the arrival of a new social and economic system, namely Capitalism, which needs to rule over natural resources in order to respond to the demands of its flourishing market. The Natural Sciences have achieved great development ever since.

Ecology represents, in turn, an attempt at overcoming disciplinary divisions. Despite

La Ecología representa, a su vez, un intento de superar el parcelamiento de las disciplinas. Si bien es ella misma una disciplina, su objeto principal de estudio son las relaciones entre los organismos y con su entorno biótico y abiótico. Podría decirse que intenta unir o sintetizar lo que las disciplinas separan para su análisis. Es por este motivo que recurre a un método que le permita esta síntesis; este método es el interdisciplinario.

El concepto de ecosistema alude a la noción de sistema o totalidad en funcionamiento donde las relaciones de un organismo o población de organismos son estudiadas como proceso de intercambio energético entre estos organismos y su medio. La totalidad, entendida desde un criterio holístico, resalta las propiedades globales de un todo integrado, con atributos no deducibles del comportamiento aislado de sus partes.

Los ecosistemas se comportan como sistemas abiertos, es decir, unidades funcionales de la naturaleza, manteniendo una dinámica que comporta un cierto grado de equilibrio a través de complejos mecanismos de control autorregulables u “homeostasis”. El flujo de energía desde el mundo inorgánico hacia el orgánico, la circulación del material en forma de nutrientes desde la parte inorgánica hacia la orgánica y el reciclaje de éstos nuevamente a la parte inorgánica son los procesos que aseguran las funciones básicas de la biosfera.

Las modificaciones que en su superficie ha sufrido la Tierra, por hablar sólo de nuestro planeta, a lo largo de los 5.000 millones de años de su existencia, han sido muy grandes. La aparición de la vida —hace unos 1.000 millones de años— y su evolución desde las simples

moléculas de aminoácidos hasta las formas más complejas, han sido inducidas por estos cambios espontáneos en las condiciones imperantes del planeta y condicionados por la realidad preexistente. La superficie terrestre ha estado y está en permanente modificación, aunque por las escalas temporales de esos cambios, aparezcan inadvertidas. Piénsese en los plegamientos que dieron origen a las cadenas montañosas, en las glaciaciones, en el cambio de cursos de ríos o en las explosiones volcánicas.

A nivel epistemológico, la Ecología se enfrenta con similares dificultades respecto de las que encaran otras disciplinas científicas cuyos objetos de estudio priorizan las nociones de relación, síntesis y proceso. ¿Qué cantidad de observaciones y experimentaciones hacen falta para arribar a una conclusión? La respuesta se relaciona con el problema de la inducción. Frente al uso de diferentes modelos que permiten el abordaje de los fenómenos, se plantea: ¿qué hacer con aquellos hechos que “irrumper” rompiendo la homogeneidad abstracta de los mismos? Muchas veces los hechos son descartados para que permanezca el modelo. Otro problema epistemológico que se le plantea a la Ecología es cómo realizar comparaciones con escalas temporales diversas.

Estas preguntas plantean la ingenuidad de creer que los hechos “hablan” por sí mismos y la medición y cuantificación otorgan absoluta garantía de conocimiento. Abordar los estudios desde la noción de que lo permanente es el cambio, aun en la naturaleza misma, desde que las relaciones de los fenómenos son multicausales, es hacerlo desde una posición filosófica que data del siglo VI a.C. con

being itself a discipline, Ecology aims primarily at the study of the relationships between organisms and their biotic and abiotic surroundings. It could be said that it tries to join or synthesize what other disciplines keep apart for close analysis. It is for this reason that Ecology resorts to a method likely to enable synthesis, namely the interdisciplinary method.

The concept of ecosystem refers to the notion of an operating system where the relationships between organisms are studied as a process of energetic exchange between such organisms and their environment. Such system, regarded from a holistic point of view, highlights the global properties of an integrated whole, finding attributes that cannot be inferred from its sole constituent parts.

Ecosystems behave as open systems, i.e. functional units of nature, the dynamics of which involves a certain degree of balance through complex self-regulating control mechanisms or “homeostasis”. The flow of energy from the inorganic toward the organic world, the circulation of matter in the form of nutrients from the inorganic to the organic part, and their recycling back to the inorganic part are the processes that ensure the basic functions of the biosphere.

The Earth, not to mention other planets, has undergone major modifications of its surface throughout its 5-million-year existence. The appearance of life—about 1000 million years ago—and its evolution from the simplest to the most complex forms of amino acid molecules were induced by these spontaneous changes in the dominant conditions of the planet, and conditioned by pre-existent realities. The Earth’s surface has been, and still is, subject to constant modifica-

tion, although on account of their temporal scale such changes appear to pass unnoticed. Give some thought to the folds that originated mountain ranges, to glaciations, to changes in the course of rivers, and to volcanic eruptions.

At the epistemological level, Ecology faces similar difficulties to those confronted by other scientific disciplines that give top priority to the notions of relationship, synthesis and process. How many observations and experimentations are necessary to draw a conclusion? The answer is related to the problem of induction. On account of the use of different models that render phenomena approachable, a question arises: what can be done with those events that occur unexpectedly, destroying the abstract homogeneity of the model? Sometimes those events are overlooked so that the model may remain operative. Making comparisons based on different temporal scales is one more epistemological problem that Ecology has to deal with.

These questions reveal the naïve belief that events speak for themselves, and that measurement and quantification provide full guarantee of knowledge.

Approaching a study from the notion that what is permanent is change, even in nature itself, and that relationships between processes have multiple causes, is doing it from a philosophical position that dates back to the VI century B.C. with Heraclitus. From this position it is possible to observe the concealing character of the idea of “the balance of nature” claimed by many pseudo-ecological trends which consider natural balance to be static, motionless and perennial, rather than dynamic and changeable.

Heráclito. Desde esta posición es posible observar lo encubridora de la noción de “equilibrio” predicada de la naturaleza por muchas corrientes confusamente “ecologistas”, que más que como equilibrio dinámico y cambiante, describen al equilibrio natural como estático, inmóvil y perenne.

La otra cuestión que se le plantea a la Ecología es cómo estudiar científicamente las relaciones de un organismo particular, el hombre, con su entorno. “Toda forma de vida tiene un mínimo irreductible de materiales sin los cuales no son posibles el crecimiento y la reproducción”, nos dice Hawley (1972). Sin embargo, este organismo ha desarrollado expresas diferencias del resto de los organismos.

“En cierto sentido, el hombre es una especie, aunque dominante, dentro de un ecosistema. Está sujeto a las condiciones ambientales, como el calor, la luz, el agua y el alimento, y realiza las mismas actividades que otros organismos.” (Whyte, 1982). No obstante, hablar de “hombre” es hacer una generalización y abstracción, pues lo que existen son hombres concretos viviendo en poblaciones. La misma noción de organismo es una abstracción.

Los hombres se han ido expandiendo por todo el planeta. Se presentan como una especie relativamente no especializada, pero que sin embargo ha desarrollado, con su creatividad una extraordinaria adaptabilidad, que se pone de manifiesto en “el número casi ilimitado de maneras en que diferentes pueblos alcanzan el mismo fin.” (Hawley, 1972). Los hombres se adaptan cambiando el medio, transformándolo y transformándose. Los diversos modos de realizarlo se

engloban bajo el término **cultura**. La forma en que los hombres se han ido organizando socialmente y usando los recursos naturales, ha recorrido un largo proceso histórico.

Desde 7.000 años a.p. en que data la llamada “revolución agrícola”, es decir desde que nace la planificación de la siembra y la cosecha, por la cual los grupos humanos pueden “asentarse” en un medio de modo permanente abandonando sus prácticas nómades, se produjo a nivel de las relaciones hombre-entorno un cambio cualitativo. Los ciclos naturales son cambiados en su forma de adaptación por esta nueva especie.

Desde ese momento hasta la sociedad industrial de hoy, los hombres en sociedad han variado grandemente sus formas de organización y por ende también su modo de relación con el entorno. A primera vista aparece como un fenómeno incontestable que en ese desarrollo las sociedades humanas han ido deteriorando su ambiente, fenómeno que parece haber crecido en proyección geométrica desde la aparición de este último modo organizativo, social y económico instaurado por el capitalismo a escala mundial. Esta forma económica-cultural no contempla el ambiente o sólo lo hace desde el presente.

La instalación de industrias y sus efectos contaminantes —en casos de alto riesgo como lo es la actividad atómica—, el efecto invernadero y la lluvia ácida, la posibilidad del calentamiento global del planeta, la disminución de la capa de ozono, sin olvidar la extinción de especies, tala de bosques, procesos de desertificación, etc. son algunos de los efectos que esta nueva relación hombre-naturaleza ha instalado. Algunos autores se refieren a

Another problem that faces Ecology is how to make a scientific study of the relationships between a particular species, man, and his environment. Hawley (1972) says that every life form has an irreducible minimum of elements without which neither growth nor reproduction are possible. Still, man has developed manifest differences that set him apart from the rest of living organisms.

Whyte (1982) expresses that, in a certain sense, man is a species, though a dominant one, within an ecosystem. He is subjected to environmental conditions such as heat, light, water, and food, and performs the same activities as other organisms. However, speaking about “man” is making both a generalization and an abstraction, because the actual fact is the existence of real men living in communities. The very notion of organism is an abstraction.

*Man has gradually spread all over the planet. He appears as a relatively unspecialized species, yet one that has developed, through creativity, an extraordinary adaptability that manifests itself, as Hawley (1972) suggests, in the almost limitless number of ways in which different peoples achieve the same goal. Man adapts to the environment by changing it as well as himself. His different ways of accomplishing change are encompassed by the term **Culture**.*

Organizing social ways of living enabling man to meet his basic needs has been a long historical process. Since the so called “agricultural revolution”, as far back as 7,000 years B.P., that is since the birth of sowing and harvest planning, whereby human groups are able to permanently settle in a place, giving up their nomadic practices, a qualita-

tive change has taken place at the level of the man-environment relationship. The adaptive ways of natural cycles are changed by this new species.

From then on, men have largely varied the ways of organizing themselves within society, and consequently their ways of relating to the environment. At first glance, the fact that human societies, in their developing process, have brought about a steadily-increasing degradation of the environment appears as an undeniable phenomenon, one that seems to have increased in geometric progression ever since the appearance of the organizing, social and economic system established worldwide by capitalism. This economic-cultural system largely disregards the environment and its future management or, at most, is only concerned with its current use.

The establishment of industries and their contaminating effects—sometimes involving a high degree of risk as in the case of nuclear plants—, the greenhouse effect, acid rain, global warming, ozone layer depletion, as much as wild species extinction, deforestation, desertification processes, etc. are obviously the outcome of this relationship between man and nature.

Some authors consider environmental degradation to be the responsibility of “man’s vandalistic ideology” (Bourgoignie, 1976). This view attributes man an essential and therefore unchangeable quality, instead of seeing him as a part of the historical process and therefore transformable.

Awareness of the ecological change, and of the need for planning natural resource use, has increased since the 1950s, gained momentum in the 1970s ¾ the time when the idea of creating the Snow, Ice and

ello como “ideología vandálica del hombre” (Bourgoignie, 1976). Esta posición le atribuye al hombre una cualidad esencial y por tanto inmodificable, en lugar de verlo en su proceso histórico y por tanto transformable.

La conciencia del cambio ecológico y de la necesidad de planificación para el uso de los recursos naturales se ha incrementado desde la década del 50, tuvo un momento importante en los 70 —época en la que se aprueba la idea de constituir un centro de investigaciones nivoglaciológicas en Argentina— y alcanzó un nuevo punto de inflexión al principio de esta década, con la Eco 92.

Mary Douglas ³ desde una óptica esencialmente durkheimiana ⁴ aporta que la visión que tenemos de la naturaleza está relacionada con la que sostenemos sobre el hombre. Esta visión oscila entre dos extremos: que la “naturaleza humana” es imperfecta y que sólo es posible mejorar el funcionamiento de la sociedad con una rigurosa imposición de orden a través de instituciones ya sean políticas o religiosas, tal como lo plantea Hobbes. En el otro extremo, se plantea al individuo como naturalmente bueno y capaz de producir, prácticamente sin ayuda, todo el orden que la vida social requiere, ejemplo de ello, Rousseau (Spooner, 1982). Como ya dijimos, una corriente importante en Ecología dicotomiza la valoración positiva hacia la naturaleza y negativa hacia “el hombre”, olvidando la raíz histórica concreta de los hombres en sociedad: no siempre fue así ni en todas las formas organizativas. Lo que se hace evidente, sin embargo, es la contradicción entre la posibilidad de planificar el uso de los recursos naturales para el conjunto de la especie

desde una perspectiva que tenga en cuenta adecuadamente los procesos naturales y su particular grado de equilibrio dinámico, con una valoración fuertemente dominante hoy, que ve en los recursos naturales el exclusivo valor económico de intercambio comercial.

Este debate ha llevado a esta misma autora, Mary Douglas, a afirmar: “un problema ecológico no es en primer lugar, lo mismo que un problema en ecología. Un problema en ecología”, afirma, “es un problema científico, mientras que un problema ecológico es un tipo especial de problema social. La contaminación industrial, la desertización y la deforestación de las zonas tropicales húmedas, son problemas cuya base es social” (Spooner, 1982).

Esto ha llevado a algunos investigadores a rechazar la noción de “ecología humana” como es el caso de Harold Brookfield (1982). Este autor consigna la dificultad de plantear un marco conceptual adecuado para la elección rigurosa de problemas e integrar los estudios de macronivel con los de micronivel. Otros, en cambio, como Hawley, trabajan con un andamiaje teórico que afirma la funcionalidad de la Ecología Humana, entendiendo ésta como **ecología cultural**. Este autor toma conceptos básicos de la Ecología, tales como adaptación, hábitat, población, etc, para definir la Ecología Humana como “el estudio de la forma y desenvolvimiento de la comunidad en la población humana”, afirmando que la forma específica de adaptación al medio es la cultura. Esta es vista como “la totalidad de los modos habituales de actuar que son generales en una población y que se transmiten de una generación a otra... y hace referencia a las técnicas

Environment Research Institute in Argentina meets with approval, and attained new impetus at the beginning of the present decade with ECO '92.

Mary Douglas —with an essentially Durkheimian outlook— contributes the notion that our perception of nature is associated with our perception of man. This perception fluctuated between two extreme positions: one claims that “human nature” is imperfect, and that the way society operates may only be improved through a rigorous order imposed by either political or religious institutions, as proposed by Hobbes. The other one regards the individual as naturally good and able to create, practically without help, the order that social life requires; a position supported, for instance, by Rousseau (Spooner, 1982). As already mentioned, an important trend in Ecology sets a “positive” value on nature, and a “negative” one on man, neglecting the historical root of man in society. What becomes evident, however, is the contradiction between the possibility of planning the use of natural resources for the benefit of mankind, giving careful consideration to natural processes and their degree of dynamic balance, and a profit-g geared appraisal, now strongly dominant, that perceives nothing but the trade and market value of natural resources.

This debate led Mary Douglas to assert that an ecological problem is not, in the first place, a problem in Ecology. A problem in Ecology, she states, is a scientific issue whereas an ecological problem is a particular type of social issue. Industrial pollution, desertification and deforestation of the tropics are socially-grounded problems (Spooner, 1982).

*These statements led some researchers, as Harold Brookfield (1982), to reject the notion of “Human Ecology”. This author sets forth the difficulties in providing an appropriate conceptual frame of reference to help make a rigorous selection of problems and integrate macro- and micro-level studies. Contrarily, other authors, like Hawley, based on an extensive theoretical background that asserts the validity of Human Ecology, conceive this notion as **Cultural Ecology**. Hawley takes the basic concepts of Ecology, such as adaptation, habitat, population, etc. to define Human Ecology as the study of the ways in which human populations have developed into communities, stating that the specific way of adapting to the environment is culture. Culture is regarded by these authors as the totality of habitual ways of acting, common to an entire population, and conveyed from one generation to another. Moreover, they believe that culture refers to the adaptive techniques whereby a population manages to stay in its habitat (Hawley, 1972).*

As for the problem of interrelating natural and social sciences in ecological studies, there is quite a way still to go. Whyte (Brookfield, 1982) estimates that less than 5% of the 884 projects of MAB's information system (UNESCO 1979) were in a certain way interdisciplinary, including natural and social sciences. Most authors are interested in natural phenomena and in the effect of human impact upon them. Only a small minority is concerned with human situations; and in the particular case of human situations framed in complex societies the number of interested authors becomes even smaller. For this reason, only a few interdisciplinary studies exist of technically

de adaptación por las que una población se mantiene en su hábitat” (Hawley, 1972).

En cuanto a la problemática de interrelación entre ciencias naturales y ciencias sociales en Ecología queda enorme camino por recorrer. Whyte (Brookfield, 1982) estima que menos del 5% de los 884 proyectos del sistema de información del MAB (Unesco 1979) fueron en algún sentido interdisciplinarios, incluyendo las ciencias naturales y sociales. La mayoría se interesa por los fenómenos naturales y por el impacto humano sobre dichos fenómenos. Una exigua minoría se interesa por situaciones humanas, y es menor el número cuando éstas se refieren especialmente a sociedades complejas. De allí que existan algunos estudios interdisciplinarios de poblaciones técnicamente simples, actuales sobrevivientes de etapas pretéritas, y en general aisladas. Lo que se ha realizado, sin embargo, son abordajes multidisciplinarios de diversos problemas ecológicos. La multidisciplinariedad no exige la discusión común y el acuerdo sobre el marco

conceptual de abordaje de los problemas, con lo cual es posible que convivan diversas concepciones epistemológicas. Este tema explica la dificultad en la comunicación de los resultados de muchas investigaciones multidisciplinarias que, por tanto, se tornan inoperantes.

Este panorama que traza Whyte no ha cambiado sustancialmente. Por esta situación se plantean enormes desafíos. Queda la tarea de profundizar la discusión netamente interdisciplinaria sobre los marcos conceptuales de abordaje a la problemática ecológica que imprescindiblemente debe incluir a las ciencias sociales, desde la antropología cultural, la historia, la economía, la sociología, sin olvidar a la ética. A este respecto planteó Whyte (1982) que “La búsqueda de la integración disciplinaria y de la participación de la población local significa también dedicar más tiempo al debate y a la reevaluación. Rara vez se piensa en los costos en tiempo de una mayor integración y de una participación más amplia”.

REFERENCIAS

REFERENCES

- BOURGOIGNIE, G.E. 1976. Perspectivas en Ecología Humana. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 318 pp.
- BROOKFIELD, H. 1982. El hombre y los ecosistemas En: Revista Internacional de Ciencias Sociales, UNESCO, vol. XXXIV, 3: 415-435.
- HAWLEY, A.H. 1972. Ecología Humana. Madrid, Tecnos, 433 pp.
- MARGALEF, R.1980. Ecología. Barcelona, Edic Omega, 951 pp.
- SPOONER, B. 1982. La ecología en perspectiva: el contexto humano de la investigación sobre el medio ambiente. En: Revista Internacional de Ciencias Sociales, UNESCO, vol. XXXIV, 3: 437-454.
- WHYTE, A. 1982. Integración de las ciencias naturales y sociales en el programa MAB. En: Revista Internacional de Ciencias Sociales, UNESCO, vol. XXXIV, 3: 455-470.

simple and usually isolated communities, the present survivors of earlier times. However, diverse ecological issues have indeed been tackled by multidisciplinary studies. Such studies do not demand common discussion and agreement on a conceptual frame of reference underlying the treatment of environmental issues. Debate makes the coexistence of different epistemological conceptions possible, its absence accounts for the difficulties in communicating the results of many multidisciplinary studies, which renders them ineffective.

The panorama depicted by Whyte has not substantially changed, on account of which great challenges still remain. Scientists face the task of going deep into the interdisciplinary debate about the conceptual frames of reference required to tackle ecological issues, acknowledging the necessary participation of social sciences, including anthropology, history, economics, sociology, and above all ethics. In this regard Whyte (1982) stated that the search for disciplinary integration and for the participation of the local population implies devoting more time to debate and re-evaluation. The time-cost involved in a closer integration and a wider participation is very seldom considered.