

# zonas áridas

Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima-Perú  
Center for Arid Lands Research, Agrarian National University, La Molina, Lima-Perú

Vol 14 N° 1, enero-diciembre 2010



Lima, Perú



Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú



# Zonas Áridas

Publicada por el Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA)

Universidad Nacional Agraria La Molina

*Published by the Center for Arid Lands Research (CIZA)*

*National Agrarian University La Molina*

## **Director/ Director**

MSc. Juan Torres Guevara

## **Editor Invitado/Guest Editor**

Dr. Heraldo Peixoto da Silva

## **Editores/Editors**

Editor en jefe - MSc (c). Sonia María González Molina

Dra. María de los Ángeles La Torre-Cuadros

Dr (c). Reynaldo Linares-Palomino

## **Comité Científico/Scientific Committee**

Dr. Eugene N. Anderson

University of California Riverside, EUA

E-mail: [gene@ucr.edu](mailto:gene@ucr.edu)

Programa Bosques Mexicanos WWF, México

E-mail: [cgalindo@wwfmex.org](mailto:cgalindo@wwfmex.org)

Dra. Norma Hilgert

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y  
Técnicas, Argentina

E-mail: [normahilgert@yahoo.com.ar](mailto:normahilgert@yahoo.com.ar)

Dr. Alejandro Casas

Instituto de Ecología, Universidad Nacional  
Autónoma de México, México

E-mail: [acasas@oikos.unam.mx](mailto:acasas@oikos.unam.mx)

Dra. Egleé López Zent

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas,  
Venezuela

E-mail: [elopez@ivic.ve](mailto:elopez@ivic.ve)

Dr. Gerald A. Islebe

El Colegio de la Frontera Sur, México

E-mail: [gerald@ecosur-qroo.mx](mailto:gerald@ecosur-qroo.mx)

Dr. Antonio Galán de Mera

Universidad San Pablo CEU, España

E-mail: [agalmer@ceu.es](mailto:agalmer@ceu.es)

Dra. María Nery Urquiza Rodríguez

Grupo Nacional de Lucha contra de la Desertifica-  
ción y la Sequía, Cuba

E-mail: [nery@ama.cu](mailto:nery@ama.cu)

Dr. Carlos Galindo-Leal

PhD. Toby Pennington

Royal Botanic Garden Edinburgh

Tropical Diversity Section

E-mail: [t.pennington@rbge.org.uk](mailto:t.pennington@rbge.org.uk)

## **Diseñadora/ Designer**

Gaby Matsumoto

# Información General/ *General Information*

Zonas Áridas publica una vez al año artículos referentes a los diversos aspectos de las zonas áridas y semiáridas a nivel mundial, con la finalidad de contribuir al mejor conocimiento de sus componentes naturales y sociales, y al manejo adecuado de sus recursos. Se aceptan contribuciones en aspectos teóricos y aplicados en: Botánica, Zoología, Ecología, Etnobiología, Paleobiología, Antropología, Arqueología, Geología, Hidrología, Forestales, Agricultura, Climatología, Arquitectura de estos ecosistemas así como; proyectos de conservación, desarrollo, cambio climático, educación y material legal, cultural e histórico referidos a zonas áridas. Esta Revista se inició en 1982 y tiene las siguientes secciones: Editorial, Artículos científicos, Revisiones y Notas Técnicas o Informativas. No se cobran gastos de publicación. Las opiniones expresadas en esta revista son responsabilidad exclusiva de los autores. Los manuscritos serán evaluados anónimamente de acuerdo a los criterios de nuestra política editorial.

*Zonas Áridas publishes original articles that address the various aspects of the arid and semi-arid at world-wide level, aiming to contribute to a better understanding of their natural and social components and to the rational management of their resources. It accepts contributions about arid lands in the different scopes of basic and applied science, particularly in: Biology, Ecology, Paleobiology, Anthropology, Archaeology, Geology, Hidrology, Forestry, Agriculture, Climatology and Architecture. This journal was founded in 1982 and it has the following sections: Editorial, Scientific Research Articles, Reviews and Technical or Informative Notes. It has no page charges. Opinions and conclusions expressed in this journal are the sole responsibility of the contributing author (s).*

ISSN 1013-445X (Versión impresa)

ISSN 1814-8921 (Versión electrónica)

Título Clave: Zonas áridas

Título Clave Abreviado: Zonas áridas

Biblioteca Nacional del Perú

Depósito Legal: 2003-5607

Dirección Postal/Mailing Address

Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA)

Universidad Nacional Agraria La Molina

Camilo Carrillo 300 A, Lima 11, Perú

E-mail: [zonasaridasperu@yahoo.com](mailto:zonasaridasperu@yahoo.com)

Página Web: <http://www.lamolina.edu/zonasaridas>

# Zonas Áridas

Nº14 Año 2010 ISSN 1013-445X versión impresa ISSN 1814-8921 versión electrónica

## Contenidos / Contents

### EDITORIAL

### ARTÍCULOS ORIGINALES / ORIGINALS ARTICLES

|                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Aportes metodológicos para evaluación hidrológica de cuencas andinas. Estudio cuenca Río Mendoza<br>Elena Abraham, Mario Salomón, Cecilia Rubio, Darío Soria                                                                                                  | 10  |
| Patrones de diversidad regional en las Cactaceae amenazadas del Desierto Chihuahuense, México<br>José Guadalupe Hernández-Oria                                                                                                                                | 35  |
| Tiempos de sequía, tiempos de escasez. las dimensiones materiales, simbólicas y rituales en el aprovisionamiento y uso del agua en tierras secas. Mendoza, Argentina.<br>Laura María Torres, Gabriela Claudia Pastor                                          | 50  |
| Termoclima y humedad en el sur del Perú. Bioclimatología y bioindicadores en el departamento de Arequipa<br>Antonio Galán De Mera, Eliana Linares Perea, Carlos Trujillo Vera, Francisco Villasant Benavides                                                  | 71  |
| Sequías recurrentes en el ecosistema mediterráneo de Baja California, México<br>Francisco Raúl Venegas Cardoso, José López García                                                                                                                             | 83  |
| Levantamiento de suelos en el Valle de Tehuacan, Puebla, México<br>José López-García, Jesús Daniel Muñoz Iniestra, Francisco Raúl Venegas Cardoso                                                                                                             | 99  |
| Desertificación y disponibilidad de humedad en la cuenca del Río Conchos, México<br>Alejandro Ismael Monterroso Rivas, Jesús David Gómez Díaz, Juan Ángel Tinoco Rueda, Jorge Dionisio Etchevers Barra                                                        | 110 |
| Posibilidades de la autogestión de recursos acuáticos comunes en el contexto maya<br>Konrad Berghuber, Christian R. Vogl, Elias Silvel                                                                                                                        | 119 |
| Chaco árido. Estudio y evaluación económica de revestimientos de canales de distribución de agua en Chancaní, Córdoba, Argentina<br>Sonia Cecilia Calvo, Rubén Coirini, Eugenia Del Franco, David Nerín Porté, María Laura Salvador                           | 145 |
| Ciclo ganadero y especies forrajeras en Salinas Grandes, Catamarca, Argentina<br>Juan Cavanna, Germán Castro, Ulf Karlin, Marcos Karlin                                                                                                                       | 170 |
| Assessment of biodiversity laws and policies in protected areas: case study of Cross River National Park, Kainji Lake National Park, and Old Oyo National Park, Nigeria<br>G. A. Lameed, M.G. Olujide                                                         | 181 |
| Physico-chemical analysis and odour improvement of Traditional Shea Butter ( <i>Vitallaria paradoxa</i> Geartn. F.)<br>Taiye R. Fasola, O. Ayode                                                                                                              | 192 |
| Efecto de la escarificación y de la edad de semillas en la germinación de <i>Mammillaria mystax</i><br>María del Carmen Navarro Carbajal, Sandra Saldivar Sánchez, Héctor R. Eliosa León                                                                      | 196 |
| Cultivo <i>in vitro</i> de especies de zonas áridas con potencial de aprovechamiento<br>Ruth A. Garza Padrón, María Julia Verde Star, Azucena Oranday Cárdenas, Catalina Rivas Morales, Jaime Treviño Neávez, Ramón G. Rodríguez Garza, Eufemia Morales Rubio | 206 |
| Indicadores de desertificación en Apurímac: relaciones espaciales entre degradación de suelos y presiones antrópicas<br>Nicolás Ibáñez, Gregory Damman                                                                                                        | 214 |
| Fenología reproductiva de especies vegetales de Salinas Grandes, Catamarca, Argentina<br>Marcos Karlin, Ana Contreras, Ulf Karlin, Rubén Coirini                                                                                                              | 230 |
| Social reproduction strategies in communities from dry saline areas<br>Marcos Karlin, Germán Castro, Ulf Karlin                                                                                                                                               | 241 |

# Carta del Director

La desertificación y el cambio climático constituyen problemas que se combinan para impactar tanto a nivel local como globalmente con peligrosos efectos económicos, sociales y ambientales. Dentro de este contexto, la problemática del agua, resultante del uso inadecuado así como de procesos de sequías cada vez más intensas y recurrentes que sumadas afectan la calidad y disponibilidad de este valioso recurso, es una de las preocupaciones mas importantes para la humanidad actualmente y son justamente estos temas los que aborda el presente número de nuestra revista, presentando en total ocho trabajos que desde distintos enfoques brindan aportes para lograr el uso sostenible de este recurso, probablemente el más escaso en las próximas décadas dentro de un escenario de cambio climático.

Siete de los trabajos se enfocan en la problemática del recurso hídrico: 3 relacionados a su gestión (Konrad C. *et al.*; Calvo S. *et al.*; Abraham E. *et al.*; 2 referidos a las sequías (Torres L. *et al.*, Venegas F. *et al.*), y otros 2 relativos a la humedad (Galán A. *et al.*; Monterroso A. *et al.*),

Otros ocho temas incluidos en este número están relacionados a los recursos biológicos vegetales como son: la diversidad (Hernandez J., Lameed G. *et al.*); la ecofisiología (Fasola T. *et al.*, Navarro M. *et al.*, Karlin M. *et al.*, a, b); cultivos in vitro (Garza R. *et al.*), y ciclos forrajeros (Cabanna J. *et al.*) y los no menos importantes temas de erosión de suelos (López J. *et al.*) e indicadores de desertificación (Ibañez N. y DammanG.)

Nuestro artista del desierto invitado es el gran poeta español Miguel Hernández, hijo de campesinos que entre otros oficios fue pastor de cabras durante su niñez. Su poema “Aceituneros” derivó en que se dijera tenía el color de una aceituna. A poco más de cien años de su nacimiento (1910- 2010) años, un pequeño homenaje de esta humilde revista de los desiertos, que haciendo honor a su nombre: sabe esperar.

**El director**

## *Director's letter*

*Desertification and climate change constitute problems that when combined have local and global impact, with dangerous economic, social and environmental effects.*

*Within this context, the problems related to water that result from its inadequate use, as well as from ever-increasing and recurrent drought processes, both of which affect the quality and availability of this valuable resource, are one of the current and most important issues that humanity is facing. The present issue is devoted to exactly these themes, presenting eight studies that contribute insights into the sustainable use of this resource. A resource that will probably become the scarcest resource in the coming decades under a climate change scenario.*

*Seven of the studies in this issue address problems of hydrological resources. Three of them related to its management (Konrad C. et al.; Calvo S. et al.; Abraham E. et al.), two related to drought (Torres L. et al., Venegas F. et al.) and two addressing humidity (Galán A. et al.; Monterroso A. et al.).*

*This issue includes eight additional papers addressing plant resources, such as plant diversity (Hernandez J., Lameed G. et al.), ecophysiology (Fasola T. et al., Navarro M. et al., Karlin M. et al., a, b); in vitro cultivation (Garza R. et al.), and foraging cycles (Cabanna J. et al.). Finally yet importantly, we include two papers on soil erosion (López J. et al.) and desertification indicator (Ibañez N. and Damman G.).*

*Our invited desert artist is the great Spanish poet Miguel Hernandez, son of peasants, who learned in his childhood to be a herdsman (among other trades. His poem "aceituneros"... This issue plays homage to Hernandez.*

***The director***

# Editorial

El escenario actual de profundos cambios en el estado del ambiente muestra ya sus perjudiciales efectos a nivel social y económico en todo el mundo. Si vemos particularmente estos cambios en los ambientes vinculados a la dinámica de paisajes semiáridos y áridos, podemos señalar la impostergerable necesidad de diseñar estrategias coherentes y concertadas dirigidas a maximizar los esfuerzos de sectores de la investigación científica aplicada a la prospección, diseño y validación de indicadores biofísicos, socioeconómicos, culturales, de gobernanza política y técnico-científica, enfocados en la dinámica de la ecología del paisaje de estos ambientes, en el contexto de los cambios climáticos.

Estas investigaciones y conocimientos científicos serán valiosos para su aplicación en la formulación y implementación de políticas públicas, extensión y para la validación del conocimiento como práctica cotidiana en un sistema de manejo sostenible de estos ambientes. Adicionalmente es fundamental que, metodológicamente, tengan en consideración los conocimientos actuales y ancestrales de las sociedades locales.

En este sentido la revista Zonas Áridas tiene como destacada misión, estimular a los investigadores de las tierras secas del mundo para que divulguen información y sus conocimientos como insumos-subsidios que a su vez lleguen a quienes toman decisiones a escalas locales, regionales y globales, y de esta forma poder actuar en el marco del fomento e implementación de modelos sostenibles de manejo y aprovechamiento de los recursos y servicios del conjunto del patrimonio natural como son: los escasos recursos hídricos, la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas, la riqueza multicultural, el paisaje como espacio integral de conocimientos, el turismo, etc.

Este número de la revista Zonas Áridas, dedica su enfoque al manejo y uso del recurso escaso estratégico del agua para la seguridad hídrica y alimentaria, la dinámica de las cuencas de tierras secas áridas y semiáridas de montaña, el aprovisionamiento del agua, termoclina, bioclimatología, bioindicadores, eco fisiología de especies vegetales, cultivos típicos de estos ambientes, las relaciones suelo, fisiología vegetal, clima.

Así, los trabajos presentados por los autores invitados, muestran una visión local y regional de la realidad eco dinámica, hidro climatología, bioclimatología y suelos; además de un diagnóstico base sobre seguridad e inseguridad hídrica, alimentaria y los riesgos que conlleva la pérdida de biodiversidad por la acción del hombre sobre los ecosistemas semiáridos de montaña, potenciados por el impacto global del cambio climático.

Evaluada en conjunto, esperamos que las distintas contribuciones de los prestigiosos profesionales de referencia internacional, proporcionen a los lectores un acervo de informaciones, conocimientos útiles y un punto de referencia para seguir con la labor investigadora en los paisajes áridos y semiáridos, como espacios ricos en desafíos, recursos y culturas de tierras secas.

**Heraldo Peixoto da Silva**  
**Universidad Federal de Bahia-Brasil**  
**Editor invitado - Revista Zonas Áridas**

## *Editorial*

*The current state of severe changes in our environment is already showing detrimental effects at social and economical levels all over the world. If we focus on the changes in environments related to arid and semi-arid landscape dynamics, we can designate the necessity of designing coherent and concerted strategies aimed at maximizing the efforts of applied research initiatives in prospecting, designing and validating biophysical, socioeconomical, cultural, political governance and technological-scientific indicators, focused on the dynamics of landscape ecology in these environments.*

*These studies and scientific knowledge will be valuable information to be used during the formulation and implementation of public policies, extension and for the validation of knowledge as a daily practice in a sustainable management system of these environments. In addition, it is fundamental that, methodologically, they consider current and ancestral knowledge of local societies.*

*The zonas aridas journal has as its mission, to stimulate the world's dryland researchers to publish information and their knowledge as inputs-subsidies, which in time should reach local, regional and global decision-takers. This would allow them to take part in the framework of promotion and implementation of models of sustainable management and use of resources and services of all our natural patrimony, such as scarce hydrological resources, biodiversity, ecosystem services, multicultural wealth, the landscape as an integral knowledge space, tourism, among others.*

*This issue of Zonas Aridas devotes its content to the management and use of the scarce and strategic water resource for hydric and food security, the dynamics of dryland watersheds in mountains, the provisioning of water, thermoclines, bioclimatology, bioindicators, plant ecophysiology, typical crops of these environments, soils relations, plant physiology, climate.*

*The papers by our invited authors show a local and regional vision of the eco-dynamic, bioclimatic and soil reality. In addition, a basic assessment of hydrological and food security/insecurity and the risks involved with losing biodiversity due to human activities in the semiarid mountain ecosystems, enhanced by global climatic changes.*

*Altogether, we hope that all contributions in this issue supply our readers a wealth of information, knowledge and a reference point to continue research in arid and semiarid landscapes, spaces rich in challenges, resources and dryland cultures.*

***Heraldo Peixoto da Silva***

***Universidad Federal de Bahia-Brasil***

***Editor invitado - Revista Zonas Áridas***

# Aportes metodológicos para evaluación hidrológica de cuencas andinas. Estudio Cuenca Río Mendoza

ELENA ABRAHAM <sup>1\*</sup>, MARIO SALOMÓN <sup>2</sup>, CECILIA RUBIO<sup>1</sup>, DARÍO SORIA<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial - IADIZA - CONICET, Mendoza. Argentina.

<sup>(2)</sup>Asociación Inspecciones de Cauces 1º Zona Río Mendoza – ASIC, Mendoza. Argentina.

\*Email: abraham@lab.cricyt.edu.ar

## RESUMEN

La evaluación hidrológica de cuencas andinas áridas y semiáridas requieren de una visión integral y dinámica, que a su vez sea flexible y adaptable a distintas variables e indicadores que se interrelacionan con componentes ambientales. Estas, al mismo tiempo se hallan subordinadas a los mecanismos del ciclo hidrológico, siendo necesario considerar los ingresos y egresos de la oferta y demanda hídrica. En este contexto, es necesario definir marcos teóricos y metodológicos adaptables a la región, para lo cual se parte del conocimiento de los principales factores y procesos involucrados. Los aportes metodológicos aplicados para la evaluación hidrológica de la cuenca del Río Mendoza son de carácter sistémico e integral. Esta cuenca, –muy representativa de las Aglomeraciones Latinoamericanas– se ve afectada por cambios constantes e intensos en el uso del suelo por el crecimiento poblacional. Estos procesos de concentración territorial, producen la transformación y diversificación de la matriz productiva interna por especulación inmobiliaria y repetidas crisis agrícolas. Sus efectos son la concentración, marginalidad y exclusión en el acceso de los recursos agua y tierra. Para estos escenarios, debe evaluarse la relación entre oferta y demanda hídrica, que permita obtener un diagnóstico prospectivo para direccionar acciones dentro de un marco estratégico.

Palabras clave: Argentina, déficits, demanda, disponibilidad, excesos, Mendoza, oferta, usos.

## ABSTRACT

*The hydrological evaluation of arid and semi-arid Andean watersheds requires a comprehensive and dynamic vision, that must be flexible and adaptable to the different variables and indicators that interact with environmental components. These variables and indicators are subordinates to the hydrological cycle's mechanisms, being necessary to consider the increase of the demand on water supply. In this context, it is necessary to define theoretical and methodological frameworks adaptable to the current region, which uses the main factors and processes involved. The methodological aspects applied to the hydrological study of the Mendoza River watershed are systemic in nature and comprehensive. This basin, very representative of the Latin American-Agglomerations, is being affected by constant and intensive changes in land, by population growth. These territorial*

*concentration processes produce transformation and diversification of the productive internal array by speculation and repeated agricultural crisis. This causes concentration, marginalization and exclusion of the access to water and land resources. For these scenarios, you must evaluate the relationship between the increase and decrease of demand for water supply, which qualifies a prospective diagnosis to find strategic actions.*

*Key words: applications, Argentina, availability, deficits, demand, excesses, Mendoza, supply.*

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Situación y estado de la cuenca del Río Mendoza

El aprovechamiento del agua en los principales ríos de Mendoza, ha permitido conformar oasis que representan entre el 2,5 y el 3% de la superficie total provincial, que es de 148,827 km<sup>2</sup>. A pesar de su limitada extensión territorial los oasis alojan al 95% de la población, con densidades máximas, en las zonas urbanas de alrededor de 2000 habitantes por km<sup>2</sup>. En este contexto territorial, la cuenca del río Mendoza tiene una población superior al millón de habitantes y su densidad promedio es de 36,6 habitantes por km<sup>2</sup>, sin embargo esta asciende a casi 3000 habitantes por km<sup>2</sup> si se toman solamente los departamentos más urbanizados. Concentra el 74% del Producto Bruto Geográfico provincial y su eficiencia global de aprovechamiento hídrico es del 36% (Salomón *et al.*, 2005).

Así, el modelo discontinuo de ocupación del territorio presenta espacios que concentran a la población, sus actividades económicas y las infraestructuras, dejando extensos territorios casi vacíos. En los oasis la actividad humana se afirma en el riego sistematizado aprovechando los ríos alóctonos y en menor medida el agua subterránea. La industrialización concierne al procesamiento de frutas y hortalizas, la industria metalmecánica, y petroquímica. Sobre un territorio de alta fragilidad, la competencia por el uso del agua surge como uno de los principales conflictos ambientales en la interacción oasis-área no irrigada: ya que las áreas deprimidas del desierto no reciben aportes hídricos superficiales, dado que los caudales de los ríos se utilizan íntegramente para el riego de la zona cultivada y el consumo de los asentamientos humanos. Esa misma competencia se verifica en el uso del suelo en los oasis, especialmente en el conflicto urbano-rural. La expansión de los espacios urbanos, sobre todo los del área Metropolitana del Gran Mendoza, sobre suelos de alto potencial agrícola constituye la pérdida para la producción agrícola de suelos con muy buenas condiciones edáficas (Abraham, 2000).

En la provincia de Mendoza, los aportes hídricos permanentes con los que se alimenta a los oasis irrigados, provienen en su totalidad de la fusión nival y el aporte de masas glaciares y nieves permanentes existentes en la Cordillera de los Andes. El aporte que tienen las lluvias a los caudales de los ríos en el oasis norte es mínimo. Estas precipitaciones se concentran fundamentalmente en los meses de primavera y verano, y si bien el aporte que hacen a los cultivos por la naturaleza de las mismas es mínimo, al ser una región árida, este valor debe ser considerado en los cálculos de demanda. Desde el punto de vista aluvional estas precipitaciones, de gran intensidad, generan graves problemas de infraestructura que no deben obviarse (FAO, 2004).

El régimen que caracteriza al Río Mendoza se debe fundamentalmente al proceso de fusión nival que se produce en la cordillera y el aporte permanente que hacen las masas de hielo de los glaciares de la cuenca, siendo básicamente de carácter nivo-glacial. Su cuenca hidrográfica ocupa una superficie total de 19,553 km<sup>2</sup>, incluido el oasis de riego. De ésta extensión 9040 km<sup>2</sup> pertenecen a la cuenca imbrífera del río, siendo su área de recolección activa de 5600 km<sup>2</sup> y con un frente cordillerano de 90 km, que tiene gran influencia en el potencial hídrico de derretimiento y deshielo (Vitale, 1941).

En el ámbito de la cuenca del río Mendoza existen dos regímenes de precipitación perfectamente definidos. Uno del tipo monzónico en la zona baja, que se extiende desde el límite este de la cuenca hasta la localidad de Polvaredas a 2400 msnm. En esta parte de la cuenca, las precipitaciones son fundamentalmente pluviales aunque se registran precipitaciones nivas en algunas ocasiones durante los meses de invierno. A partir de esta localidad se produce el cambio de régimen, pasando a ser del tipo Mediterráneo. Bajo este régimen, la precipitación es niva prácticamente todo el año, con excepciones en los meses de verano. Los cordones montañosos que se anteponen a la cordillera del límite corresponden a la Cordillera Frontal (Cordón del Plata) y poseen régimen similar a la zona de alta montaña debido a la elevación de los mismos. La nieve que cae en la cuenca imbrífera medida en la Estación Toscas, para la serie 1951-2001, presenta una precipitación media de 343 mm, con registros máximos de 881 mm y mínimos sin precipitaciones. La precipitación pluvial, es la más generalizada en toda la cuenca y presenta un régimen del tipo monzónico que hace que las mismas escasamente puedan ser utilizadas como complemento de riego agrícola por su ocurrencia e intensidad. La precipitación aumenta de este a oeste y norte a sur. En el límite norte, próximo al límite con la provincia de San Juan los registros medios anuales son cercanos a 90 mm. En la zona central, donde se concentra el oasis agrícola de la cuenca, la precipitación media anual en promedio de las estaciones ubicadas en esta zona es cercana a los 224 mm (FAO, 2004).

La cuenca, está ubicada en el norte de la Provincia de Mendoza. Limita al sur con la cuenca del río Tunuyán, al oeste con la divisoria de la Cordillera de Los Andes, donde tiene sus nacientes el río. El límite este lo constituye la llanura desértica (travesía mendocina) y al norte la cuenca del Río San Juan (Figura 2).

## MARCO METODOLÓGICO

A pesar de la gran cantidad de datos e información generada sobre la cuenca del río Mendoza, y su importancia estratégica para el desarrollo del oasis norte de Mendoza (Argentina), no se ha realizado una evaluación de la disponibilidad y uso del agua considerando el ciclo hidrológico. Este trabajo pretende poner en valor esa información como un primer aporte a la evaluación hidrológica de la cuenca, para lo cual es imprescindible considerar los elementos, procesos e interrelaciones presentes y debidamente contextualizadas en las unidades ambientales de referencia.

De acuerdo con CANMET/MMSL-INTEMIN (1998), el ciclo hidrológico consiste en el movimiento y en el almacenamiento del agua en la atmósfera, en la tierra, en las masas de

agua y en la vegetación. Puede subdividirse en los componentes de evaporación, de precipitación y escurrimiento, comprendiendo cada componente el transporte, el almacenamiento y un cambio en el estado físico del agua. Los recursos provenientes de las áreas de riego que aparecen en la forma de derrames y percolaciones, dependen de las aguas superficiales y también de las aguas subterráneas que se usan para regar. En forma similar, los recursos de aguas subterráneas, representados por los afloramientos y vertientes, por los volúmenes almacenados en los acuíferos y por las extracciones artificiales, dependen de las recargas provenientes de las percolaciones de riego y de las infiltraciones del río en su lecho, de manera que estos flujos están ligados, lo que hace necesario cuantificarlos de manera integrada y concurrente en el tiempo (DGA, IPLA & AC, 1998).

La variabilidad hidrológica tiene diferentes expresiones en el territorio; por ello, cualquier análisis de sus características e impactos sobre el desarrollo debe asociarse a una unidad territorial definida por las cuencas hidrográficas y sus unidades ambientales de referencia (UAR). Respecto a las unidades hidrológicas establecidas a través de cuencas hidrográficas, su importancia radica en que constituyen sistemas conectados internamente a través de las redes de escorrentía y, generalmente, desconectados hidrológicamente de sus vecinos. Por ello, son unidades apropiadas para realizar balances de masa (agua; sólidos acarreados, suspendidos y/o disueltos), seguir la evolución química de las aguas en el territorio, evaluar la transferencia de externalidades ambientales y a través de ellas, estudiar procesos de erosión hídrica o remoción en masa (Gamboa Agüero, 2001). De acuerdo a Fernández (1993): “...*La respuesta natural de una cuenca hídrica a un impulso de entrada (precipitación) es siempre continua, es decir va variando permanentemente en el tiempo. En el proceso de simulación continua de la precipitación y la escorrentía en una cuenca hídrica existen dos componentes fundamentales que son básicos, el primero representa el balance del agua en el suelo y la formación de escorrentía en cuencas de cabecera y el segundo la transferencia o traslado de esos caudales a lo largo de la red hídrica hasta la sección de cierre del sistema...*”.

Las UAR son definidas por Abraham (2003) como: “*La vinculación del conjunto de sub-sistemas del medio natural (soporte físico-biológico), del medio ambiental construido (cultura material) y del medio cultural intangible (sistema ideo-valorativo) en unidades territoriales define los tipos de unidades ambientales, donde los procesos tienen mayor nitidez y aún conservan alta representatividad regional. Estas permiten a través de un proceso de identificación de restricciones y potencialidades la definición de las áreas y tipos de intervención prioritarias. La información así concebida, y referida a las Unidades Ambientales de Referencia (UAR) genera unidades de aplicación y de planificación, que nos aseguran la posibilidad de mantener la visión sistémica. Estas unidades de aplicación pueden ser agroecológicas, ambientales, regionales, paisajísticas, pero siempre deben mantener el nivel mínimo de coherencia interna para ser representativas de la complejidad de relaciones de la realidad. Las Unidades Ambientales de Referencia permiten a su vez identificar y jerarquizar problemas cada vez más concretos y específicos y a su vez guiarán la propuesta de zonificación del área para compatibilizar los usos en la propuesta de planificación*”. Cabe destacar que en la cuenca del río Mendoza existen diferencias significativas entre el área irrigada y el área no irrigada, incluso dentro de la misma área no irrigada. Por ello se sugiere,

considerar estas unidades ambientales de referencia, ya que a través de las mismas se podrá obtener, una visión más amplia de la problemática del agua y obtener un diagnóstico ajustado de la variedad de ecosistemas y usos de la tierra dominantes, que, a pesar de su uniformidad, presenta grandes variaciones según las condiciones del soporte físico biológico y de la utilización antrópica. Esta propuesta metodológica posibilitará monitorear las componentes hidrológicas de manera más discriminada y proponer alternativas de gestión para el gobierno local. Las principales UAR de la cuenca del río Mendoza son el oasis irrigado, las travesías o desiertos y los ecosistemas asociados a los cursos de agua y lagunas (Abraham *et al.*, 2005). En relación al marco teórico utilizado para la evaluación hidrológica de las cuencas hidrográficas, este debe considerar al sistema ambiental como soporte de la dinámica físico-biológica y de la estructura socio-económica, bajo una visión integral, amplia e interdisciplinaria, con lo cual se evitan diagnósticos parciales e inconexos. Simultáneamente debe definirse la dimensión territorial y temporal en el análisis de los procesos estructurantes a distintos niveles de resolución y desagregación. La demanda de las sociedades, su capacidad de manejo, la respuesta a las problemáticas y el estado de las cuencas son los principales ejes de análisis, evaluación, planificación y gestión hídrica. Estos ejes contienen distintos componentes vinculados con la oferta y demanda hídrica, compatibles con la aplicación de indicadores de evaluación en tierras secas (estado-presión-respuesta-impacto) (Figura 1).

El componente tecnológico, operativo y financiero tiene alta incidencia en la capacidad y respuesta de manejo del subsistema hídrico, por el permanente desarrollo y avance de paquetes técnicos y administrativos con mayor o menor posibilidad de aplicación en nuestras sociedades. En tanto el componente hidrológico, de infraestructura y cultural permite conocer el estado del subsistema, aunque fuertemente influenciado por las condiciones locales, idiosincrasia y estilo propio de desarrollo.

La evaluación del subsistema hídrico debe contener formas de ponderación que posibiliten medir convenientemente los distintos componentes de análisis y considerar valores referenciales locales validados adecuadamente por expertos e instituciones de la región.

## ASPECTOS Y MOMENTOS METODOLÓGICOS

Distintos condicionantes surgen en la realización de estudios en cuencas andinas áridas y semiáridas, que deben ser tenidos en cuenta para lograr una evaluación hidrológica de carácter integral. Estas pueden agruparse a nivel teórico-conceptual, metodológico-técnico y de implementación y gestión (Cuadro 1).

En cuanto a los aspectos teóricos y conceptuales hay en nuestras sociedades una evidente contradicción entre la valorización de lo local y universal y un marcado maniqueísmo, que pretende plantear que las prácticas ancestrales deben mantenerse incólumes y que las modernas tecnologías son superiores y deben reemplazar a los sistemas tradicionales. Sobre estas posturas, es importante realizar un análisis y juicio crítico maduro y abierto, que nos conduzca al revisionismo de los procesos acontecidos y a tener en cuenta que existe una dinámica y evolución tecnológica; con adopciones y adaptaciones de las sociedades que demandan sus aplicaciones (Salomón, 2007).

La progresiva despolitización de la sociedad y concentración del poder genera efectos culturales catastróficos, que dan lugar a la separación drástica entre política y pensamiento y no menor de disgregación entre conductas y valores; que afectan sin duda la perspectiva o visión que tengamos de nuestro entorno y tecnologías (La Rosa, 2007).

En relación a los aspectos metodológicos y técnicos es importante definir los alcances del trabajo, sus escalas temporales-espaciales y el nivel de resolución a adoptar. Surge en principio, que además del área de estudio tiene que identificarse un área marco de referencia, que englobe los procesos macroestructurales de la región para acotar el contexto de análisis. La delimitación, alcances del área de estudio y su tamaño quedan definidos además de los objetivos, por el grado de heterogeneidad, tipo de información existente y nivel de resolución que se adoptará. La adecuada definición de las escalas de trabajo en el área de estudio se determina a partir de niveles de percepción y relevamiento, tamaño, objetivos y precisión de límites. Además debe tenerse en cuenta la información necesaria y disponible, que condicionan la escala elegida y su representación cartográfica.

Uno de los aspectos básicos en la realización de estudios integrados, es la subdivisión del territorio en unidades para su análisis y para instrumentar políticas públicas de uso del suelo. En su forma más común, estas políticas se estructuran en torno a un sistema de asignación de usos del suelo, dentro del cual se identifican, luego de su evaluación correspondiente, terrenos o zonas para un uso preferente. Este tipo de política y estrategias de zonificación se refleja en los planes de ordenamiento del territorio (Smith, 1982).

Para la realización de estudios específicos e integrados se utiliza generalmente las unidades: cuencas y unidades ambientales de referencia. Este criterio permite que en las unidades seleccionadas se posibiliten efectuar estudios de base y ejecutar tareas de gestión, como conservación y manejo (Salomón & Soria, 2003).

Cuando se realizan estudios integrados, con escala de trabajo de semidetalle, se requiere contar con datos de aceptable calidad para generar información adecuada. La realidad es que en la mayoría de los casos aparecen datos dispersos, de diversa calidad de captura y tratamiento e información muy general y sin control de calidad. La disponibilidad de datos e información y su generación es una de las limitantes más evidentes en la etapa de inventario de recursos. Para evitar diagnósticos parcializados e incompletos, es imprescindible contar con equipos interdisciplinarios de trabajo que interpreten y produzcan información existente y faltante.

En cuanto a la realización del inventario de recursos y base de datos debe tenerse en cuenta que los mismos se convierten en el componente inicial para el diagnóstico y planificación. Requiere de una fase de identificación y otra de evaluación e incluye un análisis de los recursos disponibles, tanto naturales como humanos. El inventario debe sustentarse en una base de datos, para ello debe poseer una estructura flexible para su actualización. En lo posible todo dato debe contener descripción de la fuente de elaboración directa o indirecta, ser un elemento con vinculación espacial precisa y particularmente, describir los métodos o técnicas utilizados para lograr dicha vinculación. Resulta conveniente, además dejar constancia de las limitaciones del proceso de captura y transformación del dato y si se corroboró el mismo en el terreno.

Existen restricciones en la selección de indicadores, por calidad y tipo de información

disponible; siendo los más adecuados aquellos que cuentan con un valor de referencia regional conocido o ajustado con trabajos de campo y que sean más representativos del hecho que se pretende evaluar. Cada indicador puede oscilar entre valores mínimos y máximos, cuyo rango determina el margen de inflexión del indicador. La aplicación de los márgenes de inflexión de los indicadores seleccionados al contexto regional, genera una amplia gama de situaciones (Marn, 1979, citado por Zinck, 1993).

Uno de los aspectos más importantes en la elaboración de productos integrados, es la posibilidad de interrelacionar los estudios temáticos a través de la combinación de información gráfica y alfanumérica obtenida. Para ello resulta básico trabajar a un mismo nivel de resolución, con datos espaciales georreferenciados en el espacio y estableciendo un control cualitativo y cuantitativo de los mismos.

En lo que se refiere a la implementación y gestión se requiere que la cartografía básica generada, según la escala de trabajo y salida, posea datos georreferenciados del atributo o tema analizado como: localización, altura, extensión, vecindad y conectividad, debiendo agruparse en archivos topológicos.

La transformación de información analógica a digital y la precisión espacial es fundamental para obtener cartas que sean utilizables en la etapa de gestión, de lo contrario se generan cartas con calidad temática pero sin calidad cartográfica, que no permiten su interrelación con otras capas de información y no pueden considerarse como base del ordenamiento (Guerra *et al.*, 1999).

La información obtenida del inventario y análisis del área de estudio, debe ser aprovechada para generar diagnósticos sectoriales e intersectoriales conforme los objetivos del trabajo. El paso de dato a información resulta clave en este sentido, ya que es común contar con gran cantidad de datos de una región pero no de la información requerida en la etapa de diagnóstico y gestión. Es importante realizar una correcta y sintética interpretación de la medición de los indicadores seleccionados, con lo cual se logra contar con información útil y aprovechable (Zinck, 1993).

Existen trabajos o estudios integrados, que requieren su operacionalización para un mejor aprovechamiento. Se busca resultados versátiles y de flexible aplicación, que permitan combinar datos e información, con un perfil más interpretativo que descriptivo, lo cual garantiza mayor utilidad.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para obtener los resultados que se desarrollan, se consideró como base la relación entre la oferta y demanda hídrica en la cuenca del Río Mendoza, teniendo en cuenta los principales componentes y procesos que estructuran la disponibilidad y aprovechamiento actual.

## OFERTA HÍDRICA DEL RÍO MENDOZA

Para la evaluación de la oferta hídrica se tiene en cuenta a Gamboa Agüero (2001), quien indica la necesidad de considerar la variabilidad climática expresada en tipos de sequías y sus impactos, dado la alta incidencia que se prevé tendrán los efectos del cambio climático

global en la cuenca del Río Mendoza. Así es importante contextualizar el análisis de la disponibilidad hídrica en base a la variabilidad climática y escala temporal para evaluar la disponibilidad hídrica y su aprovechamiento de acuerdo a los periodos de sequía (Figura 3). La oferta hídrica establecida para el Río Mendoza, en base a datos recabados de la serie 1909-2000 en la Estación Precordillerana de Cacheuta, arroja valores característicos que se aprecian en el Cuadro 2.

En cuanto a los caudales medios y derrames mensuales se detecta un variado comportamiento estacional con valores máximos en verano y mínimos en invierno (Figura 4).

En la Figura 4 es importante destacar la variabilidad que se registra a partir del mes de octubre hasta marzo con los caudales del Río Mendoza, si comparamos los valores máximos y mínimos en años “ricos” y “pobres”, influenciados por la combinación de factores entre cantidad, tipo de nevadas y temperatura en la cuenca activa (a partir de los 2700 msnm) que posibilitan el proceso de precipitación-esorrentía y la real oferta hídrica del año hidrológico.

De acuerdo a estudios efectuados por el Instituto Nacional del Agua se han estimado para las cuencas de los ríos Mendoza y Tunuyán (Zona Norte) una extracción media anual de agua subterránea de 380 hm<sup>3</sup> con valores que oscilan entre los 100 y los 600 hm<sup>3</sup>/año. Acorde a esta situación, no se esperan grandes cambios para un mejor uso y eficiencia del recurso hídrico superficial; ya que para equilibrar la oferta y demanda, surge como variable de ajuste una mayor o menor extracción del agua subterránea.

El sistema global hídrico interactúa en el entorno de las cuencas hidrográficas, siendo importante para su análisis la desagregación en subsistemas y componentes bajo la dinámica del ciclo hidrológico. Para la cuenca del Río Mendoza se ha esquematizado los componentes y procesos que intervienen en determinación de la oferta hídrica. Para la etapa de inventario y evaluación se han delimitado ámbitos correspondientes a la cuenca activa de alimentación y de evacuación (Figura 5).

Para lograr un conocimiento hidrológico sistematizado de la cuenca de estudio debe considerarse la principal entrada representada por la precipitación nival que es la principal fuente de alimentación del régimen hídrico del río, siendo el anticiclón del pacífico el principal responsable de su génesis en cordillera y precordillera.

Esta nieve, que con el tiempo se transforma en cuerpos de hielo, requiere de etapas de acumulación-compactación y fases de congelamiento-derretimiento con fases de expansión y retracción glaciaria, en la que se generan intercambios energéticos de sublimación y evaporación, siendo importante cuantificar estos procesos, ya que de ellos se generan flujos directos. El agua meteórica se completa con un aporte mínimo de carácter pluvial y nival en Precordillera y Planicie proveniente del anticiclón del atlántico con un régimen ciclónico en otoño, invierno y primavera. En tanto en el verano se concentra el 72% del total precipitado, mediante lluvias convectivas.

Los flujos generados en la cuenca activa dan lugar a escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos con determinados movimientos, traslados y retornos en el suelo; generando las salidas del sistema, y que es preciso cuantificar a lo largo del tiempo y periodos para obtener un conocimiento integral de la oferta hídrica. También es conveniente conocer

y evaluar el comportamiento del permafrost en el ambiente periglacial y los procesos de infiltración, que generan flujos bases en los cursos hídricos de la cuenca y se constituyen en un importante ingreso al sistema.

El Río Mendoza presenta un régimen nivo-glacial, en el que aproximadamente el 85% de sus caudales promedio tienen su génesis en el derretimiento nival estacional ( $41,68 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) y el 15% restante es proveniente del derretimiento glacial y aportes pluviales ( $7,36 \text{ m}^3/\text{seg}$ ). Sin embargo en los últimos 50 años se detecta un retroceso del 40% de los cuerpos de hielo y glaciares, aunque la mayor variabilidad se produce en la cantidad de precipitaciones níveas en ciclos de 5 a 7 años, asociados al fenómeno global del Niño y la Niña. En este escenario deben adoptarse a nivel energético los Indicadores de la Variabilidad Climática Global (IVCG), como por ejemplo las temperaturas medias mensuales de la superficie del mar, Índice de Oscilación del Sur, Oscilación del Atlántico Norte, Oscilación Decádica del Pacífico Norte (Departamento General de Irrigación, 2005).

En el caso del Río Mendoza, la disponibilidad hídrica superficial por habitante se reduce a casi cinco veces al promedio mundial que es de  $7400 \text{ m}^3/\text{hab}$  ya que la misma es de  $1600 \text{ m}^3/\text{habitante/año}$ , inferior al nivel considerado crítico de  $1700 \text{ m}^3/\text{habitante}$ . Existe entonces, un marcado déficit estacional durante los meses primaverales en que la demanda es superior a la oferta. Para el año 2020, la escasez se acentuará con el crecimiento poblacional, contando esa área con  $1150 \text{ m}^3/\text{año/habitante}$  (Departamento General de Irrigación, 1999).

## DEMANDA HÍDRICA DEL RÍO MENDOZA

Respecto a la demanda hídrica en este trabajo solo se ha considerado los principales usos de agua que se generan en el territorio y no el correspondiente a la demandada por la cobertura vegetal natural de los distintos ecosistemas de la cuenca hidrográfica, ya que no se cuenta a la fecha con datos sistematizados que permitan efectuar este tipo de balance hídrico. Sintéticamente, podemos distinguir los principales usos hídricos en base a las categorías de las concesiones y códigos de usos establecidos por la normativa vigente (Figura 6).

Respecto al sistema de concesiones otorgadas en la cuenca del Río Mendoza, es importante destacar que a fines del siglo XIX el Gobierno de Mendoza otorgaron por ley mayormente derechos de carácter perpetuo para el desarrollo agrícola de entonces y que se localizaron en el tramo superior y medio del río en el gran abanico aluvial. Este modelo de uso, afectó sin duda a los otros usuarios del sistema, tanto a los ubicados en el resto del oasis y en mayor medida a los ubicados en el tramo inferior que progresivamente no tuvieron acceso al agua. En el primer caso se realizaron empadronamientos eventuales y precarios para satisfacer la creciente demanda agrícola por la expansión del monocultivo de la vid, generando un sobreempadronamiento con efectos muy graves en la asignación de los recursos hídricos.

En el segundo caso los efectos sobre las comunidades del Tramo inferior del río Mendoza en Lavalle ha producido que la disponibilidad del recurso hídrico medido a través del Índice de Pobreza Hídrica (IPH) arroje resultados alarmantes para el departamento de Lavalle (Abraham *et al.*, 2005). Así en las macro unidades ambientales de referencia del oasis y área no irrigada, los valores obtenidos son de 50 y de 15,6 respectivamente. Teniendo en cuenta

la calificación establecida por Sullivan C. *et al.* (2002, 2003), el área del oasis presenta alta pobreza hídrica y el área no irrigada registra muy severas condiciones de escasez de agua, considerando que un IPH menor a 35 se encuentra en esta calificación.

En el Cuadro 3, se puede apreciar las principales demandas y usos en la Cuenca Río Mendoza. El cambio constante en el uso del suelo generado por el crecimiento y concentración poblacional ha producido la transformación y diversificación de la matriz productiva interna por especulación inmobiliaria y repetidas crisis agrícolas que afectaron al territorio provincial y por ende el manejo del recurso hídrico (Piccone & Salomón, 1994).

En el Río Mendoza predomina el uso agrícola bajo riego (85,98%) dentro de los usos consuntivos, predominando la vid y frutales con más de las 2/3 partes de todos los cultivos, aunque es muy importante el aumento de los usos recreativos y el abastecimiento de población que en los últimos 20 años se han duplicado (Salomón *et al.*, 2005).

El uso energético de carácter no consuntivo también se ha incrementado notablemente, producto de la ampliación de la Central Álvarez Condarco y Cacheuta como consecuencia del funcionamiento del Dique Potrerillos desde el año 2005.

Las demandas hídricas en el Río Mendoza, presentan distintas realidades en base a la formalidad o no que presenten los usos en base a las concesiones otorgadas por el Gobierno de la Provincia de Mendoza a fines del siglo XIX. Los derechos definitivos cuentan con un 100% de garantía en relación al 80% de garantía de las categorías eventuales otorgados en el siglo XX, aunque en la práctica cuentan con similar coeficiente hídrico (1 l/seg/ha en promedio), por lo que se ha previsto su equiparación mediante ley provincial 6105/06. Sin embargo esta propuesta se encuentra sujeta a la elaboración de balance hídrico, caducidad de derechos sin uso y estudio de la disponibilidad hídrica.

De esta manera podemos clasificar los usos hídricos en dos grandes grupos: concesionados y no concesionados. En el primer grupo deben distinguirse los usos concesionados bajo mecanismos constitucionales provinciales y que son de carácter perpetuo, porque tienen garantía por sobre todos las restantes concesiones. También en este grupo se encuentran concesiones temporarias y precarias otorgadas “sin perjuicio a Terceros” que han sido efectuadas por el Departamento General de Irrigación y que se hallan empadronadas bajo la figura de permisos o autorizaciones temporales, que en muchos casos se prorrogan en el tiempo; no se regularizan e impiden efectuar un correcto balance hídrico. El segundo grupo tiene que ver con los usos no concesionados y que responden a todas las demandas de actores marginales al sistema formal y que requieren el agua básicamente para su subsistencia, y que es 10 (diez) veces menor que el de un habitante urbano del Gran Mendoza. (Abraham *et al.*, 2005). Concretamente se trata de todos los habitantes que viven en el sector desértico nororiental, mayormente el vinculado a las poblaciones originarias de la región; que solo reciben los excedentes hídricos o sobrantes cíclicos que se generan en el oasis irrigado. Estas comunidades aún no podido ser “incluidas en el sistema formal de asignaciones hídricas” de la cuenca a pesar de sus reclamos históricos y de que otros sectores como el de las zonas residenciales o recreativas del Valle de Potrerillos, en la cuenca alta, cuentan con autorizaciones de uso, tienen acceso al agua y cuentan con fuertes inversiones en obras públicas.

Por otra parte, es importante destacar en los últimos años el avance de presiones de usos residenciales por especulación inmobiliaria y de grupos que pretenden ampliar la frontera cultivada con proyectos de alta rentabilidad agrícola a corto plazo. El primer caso corresponde a la construcción de complejos habitacionales efectuados en el piedemonte del Gran Mendoza, en áreas sin concesión de agua potable. En el segundo caso, se trata de emprendimientos que requieren la construcción de infraestructura pública hidráulica de captación y conducción (acueductos) para su aprovechamiento particular en áreas sin derecho de riego, por ejemplo el planificado “Acueducto del sur” y trasvase del río Tupungato, principal afluente del Mendoza, para irrigar los altos piedemontes de la Cordillera Frontal en Valle de Uco.

Actualmente se produce una alta tasa de crecimiento urbano en las zonas productivas de la Cuenca del Río Mendoza que demandan importantes consumos hídricos de 450 l/ habitante, estimándose con un crecimiento anual del 1,8% que la demanda llegará a 12 m<sup>3</sup>/seg, lo que reducirá aún más el caudal disponible para otros usos. En el año hidrológico 2004-2005 una hectárea de terreno con derecho de riego en el Río Mendoza consumió anualmente 11,046 m<sup>3</sup> en relación a 37,800 m<sup>3</sup> de una hectárea urbanizada, considerando en ambos casos las ineficiencias de conducción existentes (Montagna, 2006). Si comparamos estos datos con el crecimiento urbano del Gran Mendoza, que en el año 1970 contaba con 200,000 habitantes en comparación con el año 1990 con 900,000 habitantes se observa que la población urbana se duplica por década. Esto incide en los consumos hídricos y en los caudales disponibles para otros usos, ya que de 2 m<sup>3</sup> de agua cruda para abastecimiento de población que resultaban necesarios en 1970, en el 2006 se llega a 6,3 m<sup>3</sup>/seg.

## CAPACIDAD Y RESPUESTA

La capacidad y respuesta de aprovechamiento del subsistema hídrico está vinculado sin duda a la infraestructura y operación, fuertemente afectada por el componente cultural y financiero que da lugar a la organización y estructura territorial-hídrica actual.

La infraestructura hídrica en el Río Mendoza cuenta con diversos trayectos y sectores con distintos aprovechamientos y demandas, presentando una estructura consolidada y deficitaria que requiere importantes transformaciones para hacerla extensiva y funcional a la totalidad de la cuenca (Figura 7).

El sistema del Río Mendoza cuenta en su Tramo Superior con marcado déficit de infraestructura para lograr un aprovechamiento integral de los recursos hídricos, ya que solo hace cinco años posee un solo dique regulador –Potrerillos– que únicamente permite controlar y operar menos de una tercera parte del volumen anual promedio escurrido (450 hm<sup>3</sup>). Esta situación si bien posibilita aumentar la garantía y efectuar una regulación intranual y mitigar el déficit estacional en años con moderado escurrimiento, no permite contar con disponibilidad hídrica en años secos siendo limitada su capacidad operativa si no se ejecutan los embalses complementarios en la cuenca para un manejo plurianual.

El uso de Refrigeración de la Central Térmica, que tiene una asignación permanente de 12 m<sup>3</sup>/seg, que se deriva desde el Dique Compuertas y retorna en parte al Río Mendoza. Sin

embargo este caudal derivado no puede aprovecharse operativamente en el sistema por las áreas irrigadas ubicadas aguas abajo, lo que genera un uso inadecuado que debe reverse.

No se cuenta con infraestructura de captación y conducción independiente para el Abastecimiento de Población Humana del Gran Mendoza (Aguas y Saneamiento Mendoza SA y Municipios), siendo muy precaria el abastecimiento cuando no opera el Dique Cipolletti por desarenos u otras situaciones, y ha colapsado para satisfacer la actual demanda de los servicios de agua corriente.

Es complejo lograr un aprovechamiento adecuado del agua entre las Centrales Hidroeléctricas y el resto de los Usos empadronados, en especial con la Central San Martín que opera en el Canal Matriz y en ocasiones se produce la alteración de los coeficientes de distribución.

No existe sistema completo de medición en tiempo real de toda la red hídrica, debiendo densificarse en distintos puntos para lograr un mejor conocimiento de la oferta y demanda de usos hídricos y para una mejor toma de decisiones.

Las estructuras administrativas que han manejado la mayoría de los sistemas de riego provinciales lo han hecho con una visión muy poco tecnificada, enfatizando una participación individual en el manejo, la limpieza y la elaboración del turnado, relegando la generación de una tasa de inversión destinada a la modernización de la infraestructura existente. La falta de inversión en la red ha sido una causa importante de la elevación de los niveles freáticos y salinización de los suelos en vastas regiones regadas del país (FAO, 2004).

Si bien las eficiencias parcelarias de las fincas del Río Mendoza no son bajas, estas disminuyen sensiblemente a nivel interparcelario y aún son más bajas en las zonas suburbanas con valores globales que no superan los 20% de acuerdo a aforos y mediciones efectuadas por las distintas Gerencias de Riego del Río Mendoza. Estos valores de eficiencia de riego zonal distan enormemente del valor ideal del 60% planteado por Bos & Chambouleyron (1998).

No hay independencia de los cauces de riego con los colectores aluvionales, razón por la cual se producen graves externalidades al sistema de distribución hídrica y problemas de mantenimiento.

El Canal Primario Cacique Guaymallén tiene un recorrido de 36 km y solo están revestidos 9 km. Los tramos revestidos se alternan con sectores construidos en terreno natural, por lo que su capacidad de conducción de riego se limita a 50 m<sup>3</sup>/seg en las épocas de máxima demanda. No obstante teniendo en cuenta su sección hidráulica, se llegan a conducir y evacuar caudales torrenciales de origen pluvial superiores a 200 m<sup>3</sup>/seg que ponen en riesgo su funcionamiento y afectan a usuarios de riego y propiedades contiguas.

El Canal Cacique Guaymallén, uno de los cauces más antiguos e importantes de la región, presenta graves problemas ya que se encuentra totalmente colapsado y posee factibilidad de recibir caudales torrenciales.

Estudios y aplicaciones de modelos hidrológicos de lluvia-escorrentía realizados en el Canal Cacique Guaymallén, demuestran que su capacidad de evacuación se ha visto totalmente afectada por menores tiempos de recurrencia y mayores volúmenes. Sin embargo tanto la Dirección de Hidráulica como los Municipios del Gran Mendoza vuelcan en forma directa y sin ningún tratamiento, importantes volúmenes torrenciales de la cuenca urbana fuera de

la línea de control aluvional formada por los Diques de Control existentes en la Cerrillada de Mogotes y de la cuenca pedemontana al Suroeste del Gran Mendoza (Chacras de Coria, la Puntilla, Sarmiento). Esta situación se agrava aún más al no haberse ejecutado aún el Dique Chacras de Coria-Tejo-Sosa (Albrieu *et al.*, 2006).

Considerando que la calidad del agua que se entrega en el río sufre un deterioro en su calidad que en ciertos parámetros como salinidad, conductividad, materia orgánica, DBO, DBQ, producen una modificación radical de más del 100% hasta llegar a su origen y que solamente se cuenta con una eficiencia global de distribución del 30% debe integrarse en el manejo la cantidad y calidad del recurso hídrico. También resulta básico mitigar las causas y los efectos que produce la contaminación de residuos sólidos urbanos que genera la producción de 140 kg de basura por metro lineal en cauces urbanos y que implica a los usuarios un costo de tratamiento anual equivalente al 40% de sus rentas (Salomón *et al.*, 2005).

El Canal San Martín presenta sectores que no permiten conducir mayor dotación, lo que limita la distribución y módulos de carga sobre todo para la carga de caudales de refuerzos de verano para riego de cultivos hortícolas, siendo necesario adecuar y complementar obras de derivación.

Es necesario evaluar la posibilidad de materializar obra de toma alternativa al Dique Cipolletti que permita para conducción de agua al Canal San Martín para abastecimiento de la Zona Alcohola y para carga de canales derivados ante cualquier contingencia.

Es insuficiente el sistema de desagües y colectores de drenaje de la zona irrigada, debiendo refuncionalizarse por el efecto de “aguas claras” que genera la Presa Potrerillos en el sistema y para evitar la saturación y revenición de suelos. Considérese que el sistema de colectores fue diseñado hace más de 70 años para otro tipo de situación, habiendo ya cumplido su vida útil con el agravante que desde 1985 no se ha ejecutado un plan de conservación sistemática.

Con relación a los sistemas de depuración y áreas con cultivos restringidos (ACRE), como así también del Colector Industrial Pescara, es necesario efectuar importantes inversiones para un manejo más adecuado e integral del recurso hídrico.

No existe ningún tipo de infraestructura de conducción adecuada desde los sistemas de desagües que se generan en el oasis irrigado y que podrían ser aprovechados para mantención de los ecosistemas asociados al Río Mendoza, como los Humedales y Lagunas del Tulumaya, Rosario y Guanacache. Actualmente el agua subsuperficial afecta la calidad del suelo de áreas rurubanas de Lavalle, Guaymallén y Maipú, siendo que se podrían constituir convenientemente tratados en un caudal de ingreso para el desarrollo de dichos humedales.

No se cuenta con infraestructura hídrica que permita un manejo integrado y conjunto del agua superficial y subterránea, tanto en el oasis como en áreas marginales al mismo.

## RELACIÓN OFERTA Y DEMANDA

El sistema del Río Mendoza cuenta con marcado déficit de infraestructura para lograr un aprovechamiento integral de los recursos hídricos, ya que solo hace dos años se cuenta con un solo dique regulador. Se trata del Embalse Potrerillos que únicamente permite controlar y operar menos de una tercera parte del volumen anual promedio escurrido (450 hm<sup>3</sup>). Esta

situación si bien posibilita aumentar la garantía y efectuar una regulación intranual y mitigar el déficit estacional en años con moderado escurrimiento, no permite contar con disponibilidad hídrica en años secos (Figura 8). En consecuencia es muy limitada su capacidad operativa si no se ejecutan los embalses complementarios aguas arriba en la cuenca para un manejo plurianual, requiriéndose obtener un volumen almacenado equivalente al doble del volumen promedio escurrido.

A nivel global y durante el periodo 2004-2005 se han registrado las entradas y salidas del sistema de distribución en el Río Mendoza, Embalse Potrerillos y Diques Derivador Cipolletti, dejando constancia que la entrega es por derechos de riego al día (Cuadro 4).

Del análisis de este primer balance global surge que hay una importante disminución del caudal superficial por infiltración en el río Mendoza desde el pie de la presa al sistema de derivación en Cipolletti, siendo la misma de un 15,8% respecto al total del caudal disponible. Si comparamos el valor anual de este caudal, es prácticamente similar al que se consume por las Plantas Potabilizadoras para abastecimiento humano durante un año lo que implica que es imprescindible mejorar la capacidad de uso.

A los efectos de considerar estas pérdidas propias del sistema hídrico y de las actividades privadas de los regantes, se calcula la eficiencia global en la cuenca del Río Mendoza, como el producto de las eficiencias de conducción, distribución y aplicación observadas. Los porcentajes de eficiencia son detallados en el cuadro 5.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es aconsejable considerar en el análisis de la oferta hídrica los componentes y procesos que intervienen en el ciclo hidrológico, en un contexto temporal más prolongado que posibilite analizar la variabilidad climática.

En cuanto a la demanda hídrica, esta debe ser analizada en su totalidad y deben tenerse en cuenta todos los usos existentes formales o no, para evaluar su regularización ya que de lo contrario el balance será incompleto.

Resulta aconsejable considerar la infraestructura hídrica como elemento de análisis de los aprovechamientos, ya que el agua disponible y que realmente llega al usuario debe medirse en tiempo real y diferido a lo largo de toda la cuenca. El concepto de desempeño hídrico, más que el de eficiencia hídrica, ayudará a evaluar de manera integral el subsistema hídrico en el sistema ambiental.

Se estima necesario avanzar en la medición de las necesidades hídricas de la cobertura vegetal, tanto natural como introducida, aspecto que no ha sido desarrollado para completar este balance hídrico de la cuenca, así como del papel que cumplen en relación con la oferta las extensas áreas montañosas cubiertas con permafrost, tanto permanente como estacional, cuyos aportes al sistema aun se desconocen.

El sistema de aprovechamiento hídrico en la cuenca del Río Mendoza es muy complejo, ya que se trata de un área de antigua ocupación y con una fuerte presión de usos sin regular; que carece de un instrumento de uso racional y equitativo para que todos sus habitantes gocen en el territorio de un mismo acceso a los recursos hídricos. En este caso debe tenerse

en cuenta que el modelo de aprovechamiento hídrico fue implantado a fines del siglo XIX por la elite política de entonces, en un contexto liberal de capitalismo dependiente, convirtiéndose la región en productora de vid, bajo un sistema de monocultivo. Para ello fue necesario concesionar los recursos hídricos a las fincas existentes, mediante la asignación de los derechos de riego perpetuos e inherentes al suelo en donde se encontraban las plantaciones.

Es necesario disponer de un inventario integral de la oferta y demanda hídrica en la totalidad de la cuenca del Río Mendoza, determinando un esquema prospectivo de demandas y también de ofertas, dado que los escenarios del cambio global probablemente impactaran a corto plazo en el aprovisionamiento de agua. En este contexto la valoración hidrológica de la cuenca requiere, previo a la elaboración técnica del balance hídrico, la discusión y análisis crítico de los conceptos de disponibilidad hídrica, acceso, capacidad, uso y ambiente.

La posibilidad de acceder libremente al agua subterránea dependerá de los balances hídricos de las cuencas y subcuencas hidrogeológicas donde se solicite permiso de extracción, ya que el uso de agua subterránea complementa el recurso superficial y debe ser administrado conjuntamente. Para ello también debe considerarse que la calidad del agua subterránea depende del nivel de explotación al que este se realice y las medidas correctivas que se empleen.

Las concesiones centenarias otorgadas en el contexto político y económico de fines del siglo XIX, no se integran a las dinámicas globalizadoras del presente y no se contemplan adecuadamente las nuevas demandas, siendo necesario adecuar los instrumentos existentes para una mejor planificación y gestión.

Para contar con mayor garantía en la disponibilidad del recurso hídrico, deben mitigarse las pérdidas detectadas en la conducción desde la fuente del río a las parcelas, que en algunos sectores de la cuenca llegan al 48% desde la cabecera al ingreso de las fincas.

El agua superficial debe ser distribuida en función de las necesidades de los cultivos y la relación equilibrada agua-suelo-planta y no por equivalencia a superficie empadronada.

El Estado Provincial previamente debe determinar los límites de las áreas urbanizables y con posibilidad de ser servidas por prestadoras de servicio y determinar las factibilidades del servicio de agua potable. Esto se debe a que es irracional que cualquier emprendedor prevea realizar inversiones en esta materia, sin un estudio técnico de balance hídrico que defina la factibilidad de contar con agua en calidad y cantidad y con un escenario razonable de demandas. En esto se debe considerar tanto la fuente, como infraestructura y equipamiento necesario, como así también la seguridad jurídica de los derechos de aguas dados a perpetuidad a Terceros.

La caracterización efectuada de la cuenca, indica que son muy limitados los recursos hídricos para la población actual y futura, potenciada por los cambios en el uso del suelo que se esperan y que generarán mayores consumos, como en el caso del agua para consumo humano en zonas urbanas que registra valores superiores a los 500 litros/habitante/día. En tanto en el área no irrigada, dicho valor no llega a 50 litros/habitante/día, contribuyendo esencialmente a aumentar el desequilibrio territorial y a la falta de equidad social en los usos del agua en la provincia.

La disponibilidad hídrica actual de 1600 m<sup>3</sup>/habitante/año se encuentra por debajo del valor crítico establecido como Stress Poblacional, aunque este valor promedio corresponde mayormente a la población concentrada en áreas bajo riego, ya que dicho valor disminuye enormemente en zonas del área no irrigada donde es muy limitado el acceso al agua en buenas condiciones.

El valor estratégico del agua y su eficaz conocimiento no sólo se constituye como un factor determinante en localización de la población, sino que es el factor irremplazable para la producción. En este sentido debe generarse la discusión de los escenarios posibles de aprovechamiento hídrico para evaluar las aptitudes de determinadas unidades de análisis y manejo de la cuenca y plantearse cómo y dónde se desarrollaran las zonas urbanas-agrícolas y como resolver los conflictos entre oasis-desierto.

Es de gran importancia definir previamente las Unidades Ambientales de Referencia (UAR) en la cuenca de estudio, que permitan espacializar y reflejar los contrastes al interior de la misma. En el caso estudiado, se evidencian fuertes contrastes internos en el área hidrográfica de la cuenca, es decir entre el área irrigada y el área no irrigada, así como diferencias internas dentro del área no irrigada. De esta manera las UAR se constituyen como importantes unidades de análisis y gestión dado que su determinación se basa en criterios sistémicos y ambientales, que integran aspectos que la delimitación hidrográfica de vertientes en cuencas y subcuencas menores no incluye. Es necesario, previo a la elaboración del balance la publicación de las aguas o su expropiación por interés común, tanto de fuentes o manantiales que afloran en ambientes montañosos y pedemontanos, y que particulares usan indiscriminadamente para su provecho sin ningún control.

Debe elaborarse un instrumento desarrollo con status de Política de Estado mediante la implementación del Plan Hídrico Provincial, que incluya un diagnóstico, evaluación y planificación de los recursos hídricos. Para ello es necesaria la discusión e integración de este Plan Hídrico Provincial como soporte del Plan Estratégico de Desarrollo Provincial. Este instrumento debe tener concordancia con lo establecido por la Ley de Ordenamiento Territorial 8051/09 y Decreto PE 1535/09, que fija acciones de equilibrio y equidad territorial junto al acceso al agua de todos los habitantes. Esta ley de carácter territorial, es la primera promulgada en Argentina que determina previamente la discusión de un modelo de desarrollo que debe ser validado a través del Consejo de Estado, quien además procederá al seguimiento, evaluación y revisión del Plan junto con el Consejo Provincial de Ordenamiento Territorial.

De tal manera, la integración de estos planes hídricos y estratégicos posibilita fortalecer las propuestas de ordenamiento y desarrollo territorial en tierras secas, teniendo en cuenta que no se puede separar el agua de la tierra, o considerarlos en forma aislada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, E. 2000.** Inventario de Recursos y Servicios para la Gestión y Planificación Regional de la Región Andina Argentina. Programa de Cooperación para la Investigación. Conserjería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. España.
- Abraham, E. 2003.** Desertificación: bases conceptuales y metodológicas para la planificación y gestión. Aportes a la toma de decisión. *Zonas Áridas*, Lima, Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Universidad Agraria La Molina, N° 7, 19; 68, ISSN-1013-445X.
- Abraham, E., Fusari & M. Salomón, 2005.** Índice de Pobreza Hídrica: Adaptación y ajuste metodológico a nivel local y de comunidades. Estudio de caso. Departamento de Lavalle. Mendoza (Argentina). Fernández Cirelli, A. & E. Abraham (Eds.), *Uso y Gestión del Agua en Tierras Secas. Vol. XI El Agua en Iberoamérica*. CYTED Área IV. Desarrollo Sostenible 2:25-40. ISBN 987-43-8181-7. Mendoza, Argentina.
- Albrieu H., C. Sánchez & M. Salomón, 2006.** Problemática Actual del Sistema Hídrico-Canal Cacique Guaymallén. Consejo de Asociaciones e Inspecciones de Cauce del Río Mendoza. Mendoza. Argentina.  
[http://www.asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/Documento\\_Canal\\_Cacique\\_Guaymallén.pdf](http://www.asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/Documento_Canal_Cacique_Guaymallén.pdf)
- Bos, M. & J. Chamboleyron, 1998.** Parámetros de desempeño de la agricultura de riego de Mendoza, Argentina. *IWMI*. Serie Latinoamericana N° 5. México.
- CANMET/MMSL-INTEMIN. 1998.** Manual on Baseline Surface Water Quality Monitoring for Mining. TAEM. Ontario. Canadá.
- Departamento General de Irrigación, 1999.** Plan Hídrico para la provincia de Mendoza. Bases y Propuestas para el Consenso de una Política de Estado. Gobierno de Mendoza. Argentina.
- Departamento General de Irrigación, 2005.** Pronóstico de escurrimiento temporada 2005. Gobierno de Mendoza. Mendoza. Argentina.
- DGA, IPLA & AC, 1998.** Análisis y evaluación de los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Petorca y La Ligua. Informe Final. Santiago, Chile.  
Departamento de Estudios y Planificación. *S.I.T.* N°45. Santiago, Chile.
- FAO, 2004.** Plan Director de la Cuenca del Río Mendoza. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación.
- Fernández, P. 1993.** Modelos Continuos WADIM - RT. Curso de Técnicas Modernas de Predicción en Hidrología. *INCYTH-CRA*. 29. Mendoza, Argentina.
- Gamboa Agüero, M. 2001.** La Variabilidad Hidrológica como Condicionante del Desarrollo de la Cuenca de los Ríos Petorca y La Ligua, V Región, Chile.  
Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos Instituto de Investigación y Postgrado. Santiago. Chile.
- Guerra, E., N. Soria, M. Lázaro, R. Valenzuela & M. Salomón. 1999.** Aplicación del sistema digital. Información Territorial en un Área Bajo Riego. Mendoza. *Revista Territorio*. Asociación de Agrimensores de Mendoza. A.M.A.: 18-22.
- La Rosa, C. 2007.** La desilusión frente a la democracia. En: *Diario Los Andes*. Edición:

42.671. Sección A, Pagina 25. Mendoza. Argentina.

**Montagna, R. 2006.** Balance hídrico superficial del Río Mendoza. Subdelegación de Aguas del Río Mendoza. Departamento General de Irrigación Mendoza, Argentina.

**Piccone, L. & M. Salomón. 1994.** El manejo del agua de riego en la Provincia de Mendoza. Ejemplo de usos y aprovechamiento de aguas en el Gran Mendoza. En: *Mendoza en el 2000*. Capítulo 12: 97-103. Centro Coordinador de Ediciones Académicas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.

**Salomón, M. 2007.** Reflexiones acerca de las tecnologías y prácticas tradicionales en la Lucha contra la Desertificación en América Latina y el Caribe y la búsqueda de una metodología consensuada para su inventario y evaluación. *Conferencia Electrónica Tecnologías Tradicionales en la lucha contra la Desertificación*. <http://www.lamolina.edu.pe/desiertos>

**Salomón, M. & D. Soria. 2003.** Métodos de trabajo para el análisis de cuencas andinas áridas y semiáridas de tamaño medio. Estudio de cuencas precordilleranas y pedemontanas de Mendoza. (Argentina). *III Curso Latinoamericano de Cuencas Hidrográficas*. FAO. RE-DLACH. INARENA. Arequipa. República del Perú.

**Salomón, M., R. Thomé, J. López, H. Albrieu & S. Ruiz Freites. 2005.** Problemática de las áreas bajo riego y organizaciones de usuarios marginales a la Aglomeración del Gran Mendoza. *XX Congreso Nacional del Agua*. 2.3.24:17. Mendoza. Argentina.

**Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación-Gobierno de Mendoza-Departamento General de Irrigación, 2005.** Modernización Área de Riego Luján Oeste. Proyecto Convenio OEI-DGI Acta N° 6 -Estudio de Factibilidad - -Anexo 1: Infraestructura de Riego. Apéndice 1: Oferta Hídrica, Demanda y Caudales. Mendoza. Argentina.

**Smith, D. 1982.** Diccionario de Geografía Humana, Barcelona. 415 p.

**Sullivan, C., J.R. Meigh & T.S. Fediw. 2002.** Using the water poverty index to monitor progress in the water sector. <http://www.nwl.ac.uk/research/WPI/images/wpilandout.pdf>, [www.ceh.ac.uk](http://www.ceh.ac.uk)

**Sullivan, C.A., J.R. Meigh, A.M. Giacomello, T. Fediw, P. Lawrence, M. Sarnad, S. Mlote, C. Hutton, J.A. Allan, R.E. Schulze, D.J.M. Dlamini, W. Cosgrove, Delli J. Priscoli, P. Gleik, I. Smout, J. Cobbing, R. Calow, C. Hunt, A. Hussain, M.C. Acreman, J. King, S. Malomo, E.L. Tate, D. O'Regan, S. Milner, & I. Steyl. 2003.** The water poverty index: development and application at the community scale. En: *Natural Resources Forum* 27, p. 189 - 199, Gran Bretaña, Naciones Unidas publicado por Blackwell Publishing. <http://www2.soas.ac.uk/Geography/WaterIssues/OccasionalPapers/AcrobatFiles/OCC65.pdf>

**Vitale, G. 1941.** Hidrología Mendocina. Contribución a su conocimiento. Mendoza. Argentina. Editorial Talleres Daccurzio. 245 p.

**Zinck J. 1993.** La información edáfica en la Planificación del Uso de las tierras y el Ordenamiento Territorial. *Revista ITC, Eschede*. The Netherlands. 14 p.

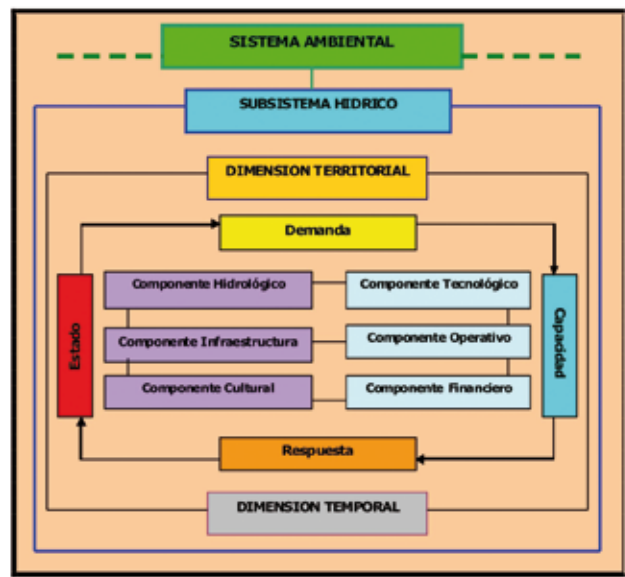


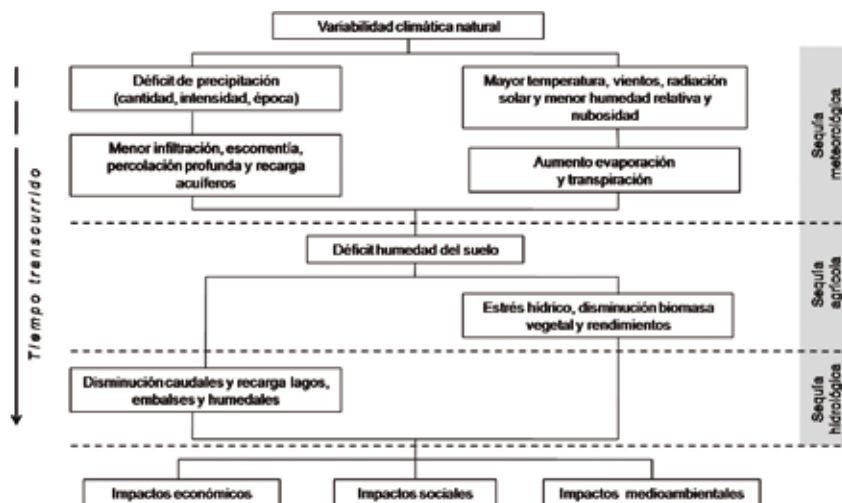
Figura 1. Dimensiones, ejes y componentes del Subsistema Hídrico.



Figura 2. Principales cuencas hidrográficas de la Región Centro Oeste de Argentina.  
 (Fuente: Unidad SIG y Teledetección. LaDyOT-IADIZA-Mendoza, 2006)

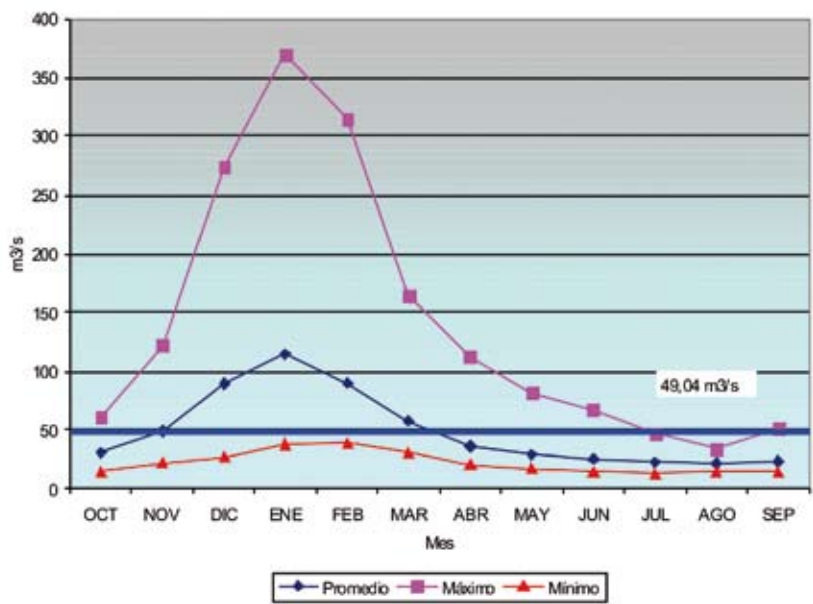
**Cuadro1.** Principales condicionantes para elaborar estudios en cuencas hidrográficas.

| ASPECTOS                 | ETAPAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Teóricos y conceptuales  | Reflexión teórica-conceptual<br>Construcción del marco metodológico<br>Conocimiento de las políticas públicas, planes y acciones de marcha                                                                                                                                                                                                                          |
| Metodológicos y técnicos | Definición área de estudio y escalas de trabajo<br>Determinación de unidades temáticas de estudio y gestión<br>Disponibilidad de datos y generación de información<br>Realización de inventario de recursos y base de datos<br>Selección de variables e indicadores, factores y procesos involucrados<br>Integración de los estudios y cuantificación de resultados |
| Implementación y gestión | Obtención de cartografía básica con precisión espacial<br>Presentación, utilización y aplicabilidad de los resultados<br>Traducción operacional de los estudios                                                                                                                                                                                                     |

**Figura 3.** Tipos de sequía, sus vínculos e impactos. (Fuente: Gamboa Agüero, 2001)

**Cuadro 2.** Valores Característicos del Río Mendoza – Estación Cacheuta. (Fuente: DGI 2003)

| Módulo     | Caudal Medio Máximo | Caudal Medio Mínimo | Caudal Especifico | Derrame anual Promedio |
|------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| 49,04 m³/s | 115,1 m³/s          | 25,6 m³/s           | 5,42 l/s*km²      | 1546 hm³               |



**Figura 4.** Módulos mensuales Cuenca del Río Mendoza. (Fuente: Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación- Gobierno de Mendoza-Departamento General de Irrigación, 2005)

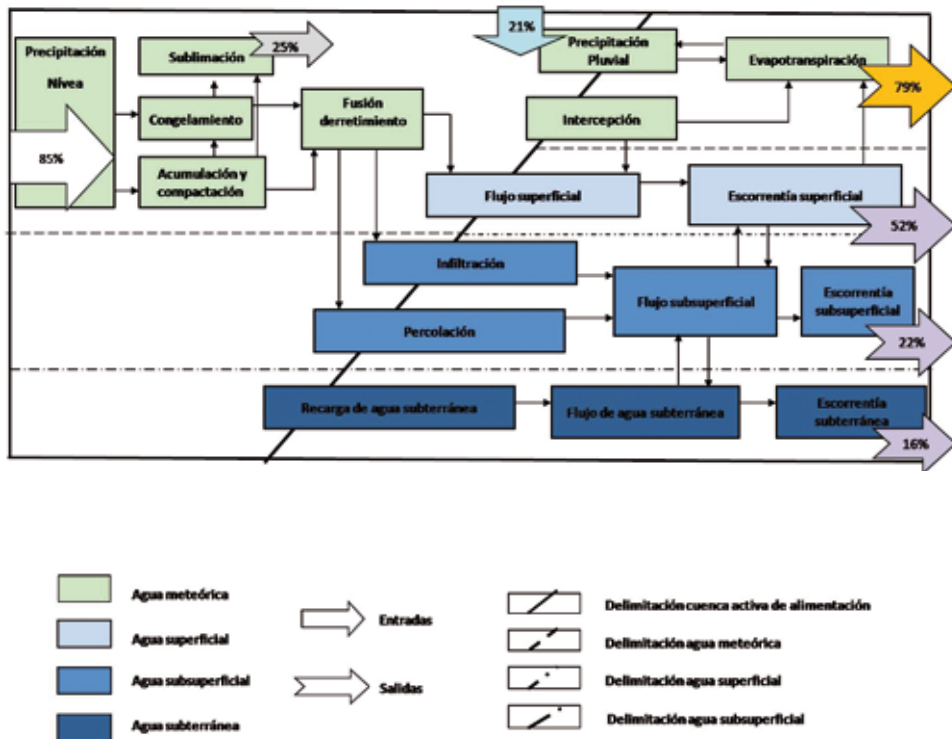
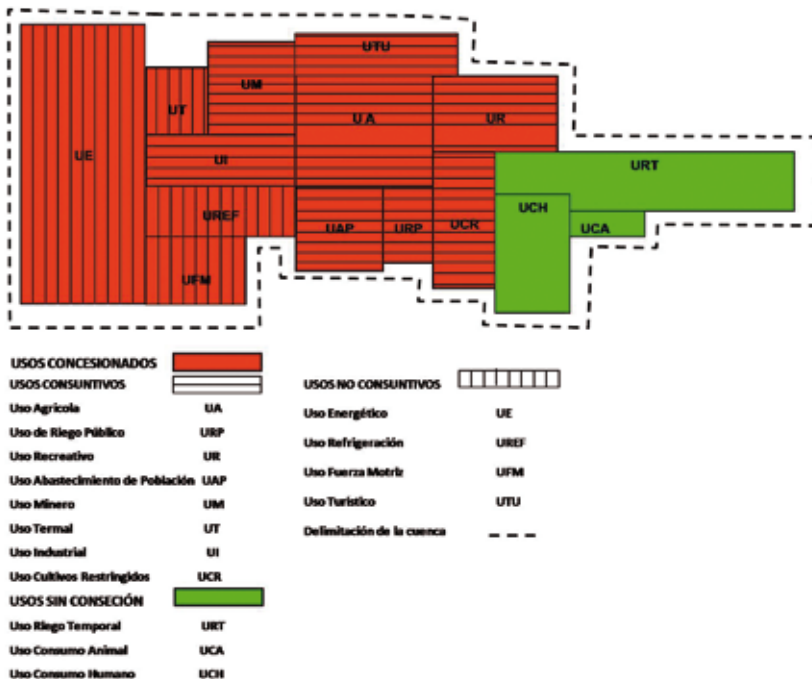


Figura 5. Principales componentes y procesos de la oferta hídrica de la cuenca del Río Mendoza.



**Figura 6.** Principales usos en la cuenca del Río Mendoza.

**Cuadro 3.** Principales Usos y Demandas Cuenca Río Mendoza. (Fuente: FAO, 2004)

| DEMANDAS BRUTAS (hm³ / año) |             |                |
|-----------------------------|-------------|----------------|
| USOS                        | CONSUNTIVOS | NO CONSUNTIVOS |
| Consumo humano              | 196, 47     |                |
| Industrial                  | 22,40       |                |
| Refrigeración y uso motriz  |             | 329,10         |
| Riego agrícola              | 1331, 00    |                |
| Totales                     | 1549, 87    | 329,10         |

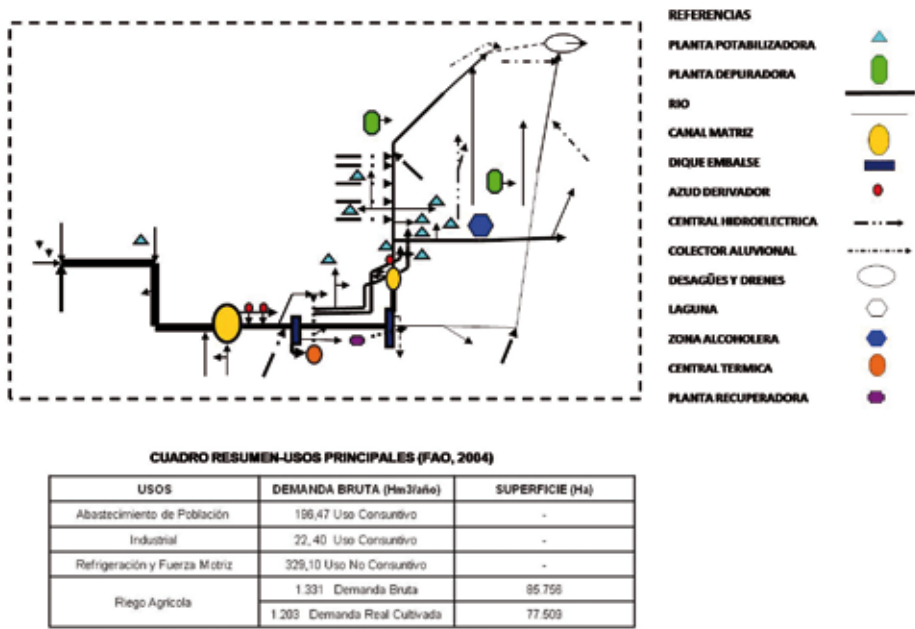


Figura 7. Infraestructura hídrica y aprovechamientos. (Fuente: FAO, 2004)

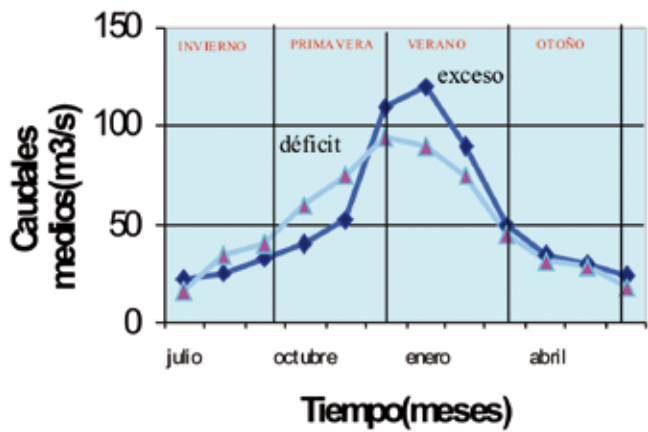


Figura 8. Déficits y excesos hídricos cuenca Río Mendoza. (Fuente: Montagna, 2006)

**Cuadro 4.** Balance Global Río Mendoza Marzo 2004-Febrero 2005. (Fuente: Montagna, 2006)

| DETALLE                                   | VOLÚMENES Y CAUDALES        |                         |             |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------|
|                                           | MARZO 2004                  | FEBRERO 2005            | DIFERENCIAS |
| Ingreso Embalse Potrerillos               | 1156,81 hm <sup>3</sup>     | 1190,04 hm <sup>3</sup> | +2,79 %     |
| Evaporación e infiltración                | 23,14 hm <sup>3</sup>       |                         |             |
| Retenido en Embalse                       | -8,92 hm <sup>3</sup>       |                         |             |
| Erogación anual                           | 1173,5 hm <sup>3</sup>      | 1175,83 hm <sup>3</sup> | + 0,2 %     |
| Infiltración tramo Río Embalse-Derivación | 185,58 hm <sup>3</sup>      |                         |             |
| Total ingreso Derivador Cipolletti        | 983,00 hm <sup>3</sup>      | 987,92 hm <sup>3</sup>  | + 0,50 %    |
| Uso industrial y humano                   | 216,08 hm <sup>3</sup>      |                         |             |
| Pasante por el río                        | 9,22 hm <sup>3</sup>        |                         |             |
| Distribuido para riego                    | 737,07 hm <sup>3</sup>      | 744,07 hm <sup>3</sup>  | + 0,94 %    |
| Refuerzos de verano                       | 13,62 hm <sup>3</sup>       |                         |             |
| Consumo medio s/sup. al día               | 11679,13 m <sup>3</sup> /ha |                         |             |

**Cuadro 5.** Eficiencia Global del Sistema Río Mendoza. (Fuente: Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación-Gobierno de Mendoza-Departamento General de Irrigación, 2005)

| Concepto                | Porcentaje |
|-------------------------|------------|
| Eficiencia conducción   | 87,5 %     |
| Eficiencia Distribución | 80,2 %     |
| Eficiencia Aplicación   | 55,7%      |
| Eficiencia Global       | 39,0 %     |

# Patrones de diversidad regional en las Cactaceae amenazadas del Desierto Chihuahuense, México

JOSÉ GUADALUPE HERNÁNDEZ-ORIA

1er. Privada de Ignacio Ramírez 12-41, Delegación Centro Histórico, C.P. 76150, Santiago de Querétaro, Qro., México.

Email: xerofilia@yahoo.com.mx

## RESUMEN

El Desierto Chihuahuense es la región con la mayor diversidad de Cactaceae en el mundo, sin embargo concentra la mayor cantidad de especies amenazadas. Los inventarios y distribución observados del ensamble de especies reconocen varias localidades con alta diversidad y endemismo, pero se desconoce su contribución específica en la diversidad regional del Desierto Chihuahuense. Para responder esta pregunta, se evaluó la similitud y el recambio de especies, y se analizó el grado de anidamiento y distribución complementaria en los taxa amenazados. Los resultados mostraron que existe muy baja similitud en las tres principales subregiones del Desierto Chihuahuense, lo que implica un alto recambio de especies (diversidad beta). Los ensambles de especies amenazadas no estuvieron anidados y siguieron un modo no aleatorio en su distribución complementaria. Este patrón sugiere que *a*) las especies amenazadas representan ensambles exclusivos e independientes y *b*) los procesos locales como la competencia o el anidamiento no están involucrados en la riqueza regional. La diversidad global en el Desierto Chihuahuense podría ser representada como un conjunto variado de ensambles de especies que presumiblemente han sido influenciados mayormente por procesos regionales. Estos aspectos deben considerarse para determinar criterios para su conservación biológica y diseño de áreas naturales protegidas.

Palabras clave: anidamiento, cactáceas amenazadas, Desierto Chihuahuense, distribución complementaria, diversidad regional, México, recambio de especies.

## ABSTRACT

*The Chihuahuan Desert region harbors the highest diversity of Cactaceae in the world, but also sustains the major collection of endangered cacti. Observed distribution patterns and inventory of these assemblage cacti recognize several localities of high diversity and endemism, however its role about regional diversity in the Chihuahuan Desert is largely unknown. To answer this question, the similarity and species turnover in the region was evaluated. In addition, the degree*

*of nestedness and checkerboard distribution was analyzed in order to elucidate possible causes of the regional richness. Results showed that the three major sub-regions in the Chihuahuan Desert display very low levels of similarity, which suggests a high species turnover (beta diversity). Assemblages of endangered cacti were not nested and its checkerboard distribution was non-random. This pattern suggests that a) the most of endangered cacti assemblages are exclusive and independents and b) local processes such as competence or nestedness are not involved in the regional richness. Thus, global diversity in the Chihuahuan Desert could be represented as a rich mosaic of set of assembly species than presumably have been influenced by regional processes. This particularity must be considered to establish criteria for their conservation and design of natural protected areas.*

*Key words: checkerboard distribution, Chihuahuan Desert, endangered cacti, Mexico, nestedness, regional diversity, species turnover.*

Las Cactaceae son un grupo taxonómico nativo de América muy variado y diversificado, y su mayor afinidad es hacia los ambientes áridos y semiáridos del continente (Anderson, 2001). Para esta familia se reconocen dos principales centros de diversificación ubicados en Norteamérica (México) y Sudamérica (Bolivia, Perú, Brasil y el noreste argentino) (Arias, 1993), los cuales reúnen casi dos terceras partes de la diversidad global de Cactaceae (Hernández & Godínez, 1994). Particularmente en el territorio mexicano las Cactaceae han alcanzado una diversidad extraordinaria (Bravo & Sánchez-Mejorada, 1978), estimada en cerca de 560 especies agrupadas en 50 géneros (Hunt, 1999; Guzmán *et al.*, 2003). Recientemente Guzmán *et al.* (*en prensa*) reconocen 674 especies, de las cuales el 78% son endémicas. Es en la región del Desierto Chihuahuense donde se concentra la mayor riqueza de cactáceas en México, calculada en 329 especies, equivalentes a 22% de la diversidad total de las Cactaceae (Hernández *et al.*, 2001; 2004). Sin embargo, esta amplia eco-región alberga también el mayor número de especies amenazadas (Hernández & Bárcenas, 1995, 1996; Hernández *et al.*, 2004).

Una característica observada en varios estudios en el Desierto Chihuahuense (Bárcenas, 1999; Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández *et al.*, 2001; Martínez-Ávalos & Jurado, 2005; Sánchez *et al.*, 2006; Hernández-Oria *et al.*, 2007) es la presencia de áreas o núcleos de diversidad en los segmentos Este y Sureste, los cuales conforman espacios fitogeográficos de endemismo, y podría considerarse que es un fenómeno más o menos generalizado en el área. Esta condicionante fitogeográfica, más los ensambles de especies de amplia distribución, parece tener influencia en el recambio de especies entre regiones dada por la similitud entre sitios (Goettsch & Hernández, 2006). En esta particular distribución de la riqueza local y regional (*sensu* Cornell & Lawton, 1992) de cactáceas, los estudios anteriores han observado que dentro de las sub-regiones del Desierto Chihuahuense (*sensu* Hernández *et al.*, 2004) existen sitios con alta riqueza local (diversidad alfa) que varía entre localidades, y en consecuencia, cabría esperar un recambio alto de especies al comparar la riqueza entre regiones (diversidad beta). Este patrón resultaría en una alta riqueza específica global (diversidad gamma), como sugieren Goettsch & Hernández (2006) para la zona Este del Desierto Chihuahuense.

Bajo este escenario las especies raras y/o de limitada distribución tendrían relevancia notable en la definición de patrones espaciales con alta diversidad beta (Kelt *et al.*, 2000; Stohlgren *et al.*, 2004). Estas especies son las que mayormente contribuyen a integrar el componente endémico en floras regionales de las zonas áridas y semiáridas de México (Rzedowski, 1978, 1991, 1993). En las Cactaceae mexicanas es muy frecuente que las especies endémicas se encuentren también amenazadas (Hernández & Godínez, 1994; Arias *et al.*, 2005), de acuerdo con diversos criterios nacionales (Semarnat, 2001) e internacionales (IUCN, 2006) para la conservación.

En contraparte, el recambio de especies se encuentra estrechamente ligado al anidamiento: una mayor diversidad beta implica menor anidamiento de especies y viceversa (Cook, 1995). Así, el grado de anidamiento permite dilucidar si los ensambles de especies de una región o localidad dadas, son subconjuntos de una flora regional mayor (Wright & Reeves, 1992). El análisis de los patrones de anidamiento tiene un gran valor para revelar patrones no aleatorios en la composición de especies y la estructuración de comunidades (Worthen, 1996). Igualmente los procesos que conforman un determinado patrón de distribución complementaria (*sensu* Diamond, 1975) y coexistencia entre especies, son fundamentales para conocer si reglas de ensamblaje generales determinan la estructura de las comunidades naturales (Gotelli, 1999). Estos aspectos resultan interesantes para conocer el papel de las especies amenazadas en la diversidad de áreas extraordinariamente ricas como el Desierto Chihuahuense. En este contexto, se plantean las siguientes preguntas: *a*) ¿Cuál es la magnitud de la diversidad beta y similitud en los taxa amenazados con relación a las sub-regiones del Desierto Chihuahuense? *b*) ¿los ensambles de especies amenazadas conforman núcleos de anidamiento significativo? y *c*) ¿es la competencia un factor de estructuración de las comunidades de cactáceas amenazadas a la escala local?

En este trabajo se evalúa el grado de similitud y recambio de especies amenazadas del Desierto Chihuahuense para poner a prueba su significancia, y se analizan los patrones de anidamiento y distribución complementaria como medida del nivel de estructuración competitiva de las comunidades. El objetivo es contribuir a explicar parcialmente los patrones de diversidad regional causados por el contingente de especies amenazadas del Desierto Chihuahuense y sus implicaciones para la conservación.

## ÁREA DE ESTUDIO

Con base en Medellín-Leal (1982), se reconoce que el Desierto Chihuahuense es una eco-región muy heterogénea en el contexto físico-biótico. Se extiende en un área cercana a los 500,000 km<sup>2</sup>, cuya mayor proporción se encuentra en el centro y Norte de México y un segmento pequeño en el Sur los Estados Unidos de América. Este territorio forma el cuerpo principal del Desierto Chihuahuense, más una porción en su extremo Sur correspondiente a la Zona Árida Queretano-Hidalguense. Se sitúa entre los 20° y 35° N y 98°45' - 109°15' O (Figura 1). Presenta climas predominantemente cálido-secos y cálidos-semisecos y en las elevaciones mayores se presentan variantes más templadas y húmedas de éstos climas. La altitud muestra un rango entre los 1000 m y 2500 m sobre el nivel del

mar. La fisiografía está dominada por el Altiplano Central flanqueado por las Sierras Madre Oriental y Occidental y varias serranías menores. Son abundantes los procesos edáficos de acumulación en las planicies, valles intermontanos y piedemontes, tanto en sustratos de material volcánico como sedimentario. La precipitación media anual oscila entre 200 mm y 500 mm con marcada estacionalidad. La vegetación es variada, desde bosques esclerófilos bajos de *Pinus*, *Quercus* y *Juniperus* hasta numerosas comunidades con variantes del matorral desértico (rosetófilo, micrófilo, crasicaule) y pastizales. El Desierto Chihuahuense es considerado como una región prioritaria para la conservación biológica a la escala global (Dinerstein *et al.*, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el área del Desierto Chihuahuense se trazaron 37 cuadrantes contiguos de 30 minutos de latitud por 30 minutos de longitud en las áreas de distribución de la gran mayoría de las especies amenazadas, de acuerdo con lo descrito por Hernández & Bárcenas (1996). Siguiendo criterios fitogeográficos, el área se dividió en tres sub-regiones principales: septentrional, meridional y austral (Figura 2). Por cada sub-región se construyó una matriz binaria, ingresando un 1 para indicar la presencia de una especie y 0 para su ausencia. La información de base sobre la distribución de las especies se compiló de Hernández & Bárcenas (1996) y se amplió con otras referencias (Bárcenas, 1999; Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández *et al.*, 2001; Martínez-Ávalos & Jurado, 2005; Sánchez *et al.*, 2006; Hernández-Oria *et al.*, 2007). En general se analizó la diversidad de especies amenazadas en una escala más amplia que la local (alfa) o grupos de sitios (beta). Este enfoque permite analizar el patrón de diversidad a nivel de paisaje entre los ensambles de especies.

### Similitud, diversidad beta y complementariedad

Se estimó la similitud y la diversidad beta con la complementariedad mediante la siguiente fórmula:  $C = [(S_j + S_k) - 2V_{jk} / (S_j + S_k) - V_{jk}] * 100$  donde  $S_j$  y  $S_k$  es el número de especies en los sitios  $j$  y  $k$ , y  $V_{jk}$  es el número de especies compartidas. La complementariedad varía 0% cuando las listas son idénticas a 100% cuando son absolutamente distintas (Colwell & Coddington, 1994). Por cada comparación entre sub-región se obtuvo el número esperado estandarizado de especies compartidas. La significancia de cada valor se determinó con un Test de Haberman (Zar, 1999).

### Anidamiento

Se realizó un análisis de anidamiento para detectar si la composición de ensambles de cactáceas en las tres subregiones acontece al azar o sigue un modo no aleatorio. El fundamento teórico del anidamiento (Wright & Reeves, 1992) se refiere a una distribución no azarosa de especies, en la que los ensambles de especies de los sitios con menos especies son subconjuntos de los sitios con más riqueza de especies. Con el uso de la métrica denominada  $T$  que es un estimador de la temperatura del anidamiento (Atmar & Peterson, 1993), se evaluó el grado de anidamiento que mide la desviación que existe entre una matriz de presencia/ausencia

observada y una matriz de igual tamaño pero con anidamiento perfecto. Los valores de  $T$  oscilan entre  $0^\circ$  para ensambles perfectamente anidados y  $100^\circ$  para ensambles cuya ordenación sea totalmente aleatoria. Un valor  $T$  se calculó para cada matriz sub-regional. La significancia estadística de una matriz observada se determinó mediante una prueba de Monte Carlo (500 permutaciones). Para el cálculo se utilizó el programa *NestCalc Nestedness Temperatura Calculator* (Atmar & Patterson, 1995).

### **Distribución complementaria e interacciones entre especies**

Se utilizaron dos índices que analizan la coexistencia o segregación entre los ensambles de especies. Con estos parámetros se buscó conocer el papel de la competencia en la estructura de los ensambles.

a) **Distribución complementaria** (Diamond, 1975): Determina el número de pares de especies que nunca coexisten o co-ocurren, formando distribuciones complementarias perfectas. Si esta regla de ensamblaje de Diamond (1975) opera en las comunidades de cactáceas amenazadas, éstas deberían contener un significativo mayor número de especies con distribución complementaria que lo esperado por azar.

b)  **$C$ -score** (Stone & Robert's, 1990): Este índice mide el grado en el que las especies coexisten pero no requiere una perfecta segregación de especies como el anterior índice. En una comunidad estructurada por interacciones entre especies, el valor  $C$ -score debería ser significativamente más grande que el esperado por azar.

Se calculó un efecto estandarizado del tamaño (Gotelli & McCabe, 2002) por cada matriz. Este parámetro mide el número de desviaciones estándar en que el índice observado se encuentra por debajo o arriba del valor medio del índice de 1000 comunidades simuladas. La hipótesis nula es que el promedio del efecto estandarizado del tamaño, medido en el conjunto de matrices es cero. En ambos índices se utilizaron modelos nulos para aleatorizar cada matriz subregional, a través del programa *EcoSim 7.0 simulation software* (Gotelli & Entsminger, 2001).

### **RESULTADOS**

Los ensambles de especies resultaron bastante diferentes, lo cual expresa alta complementariedad y por lo tanto recambio de especies (diversidad beta), entre sub-regiones (Cuadro 1). Los valores estandarizados de especies comunes entre regiones fueron todos negativos, lo cual denota gran significancia e indica que los ensambles de cactáceas amenazadas del Desierto Chihuahuense son altamente disímiles.

Las diferentes sub-regiones y sus ensambles no representan sistemas anidados. En ningún caso se obtuvo una  $T$  significativa (Cuadro 2).

Los valores de los índices  $C$ -score y de la distribución complementaria fueron significativamente menores a lo esperado por azar (Cuadro 3), de modo que se observa un patrón sin segregación entre los ensambles de las tres sub-regiones. El efecto estandarizado del tamaño de los valores observados de ambos índices difiere alta y significativamente de los ensambles simulados o “nulos” (Figura 3).

## DISCUSIÓN

La riqueza cactológica del Desierto Chihuahuense está dada esencialmente por el gran número de especies de distribución restringida que sustenta, las cuales alcanzan casi el 70% (229 especies) del total de estas Cactaceae (Hernández *et al.*, 2004). De esta riqueza debe destacarse el alto nivel de microendemismo presente en varias localidades (Bárcenas, 1999; Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández *et al.*, 2001; Martínez-Ávalos & Jurado, 2005; Hernández-Oria *et al.*, 2007), lo cual representa sin duda un fenómeno fitogeográfico cuya magnitud y relevancia sólo se conoce en esta región mexicana. Además, el elenco de especies no endémico sugiere un importante intercambio florístico con las otras dos grandes áreas secas en México: El Valle de Tehuacán-Cuicatlán en el centro sur y el Desierto Sonorense en el noroeste, regiones que se han reconocido por su particular identidad en términos de las floras xerófilas que sustentan (Rzedowski, 1973). Por ejemplo, la región de Tehuacán-Cuicatlán contiene también una alta diversidad y endemismo de Cactaceae (Arias *et al.*, 1997; Dávila *et al.*, 2002) en un área relativamente pequeña (10,000 km<sup>2</sup>), sin embargo en términos absolutos de riqueza y grado de endemidad no alcanza las proporciones extraordinarias que acontecen con el Desierto Chihuahuense (Hernández *et al.*, 2000). Sobre algunos causales de esta diversidad se ha argumentado en general que, *a*) en el territorio mexicano; el Desierto Chihuahuense presenta rangos climáticos más o menos homogéneos dentro de una condicionante árida y semiárida (Flores & Yeaton, 2003; Medellín-Leal, 1982); mientras que en la porción correspondiente a Estados Unidos de América sí se presentan temperaturas más bajas (Gibson & Nobel, 1986) y la precipitación es inferior. Estas diferencias se reflejan en la riqueza entre una condición y otra, dado que las cactáceas del Desierto Chihuahuense tienen mayor presencia en los climas con menor variación o más favorables y la morfología predominante es la globosa y/o inconspicua, por encima de la forma columnar o arborescente; *b*) la heterogeneidad ambiental (Hernández *et al.*, 2001) producto de la confluencia de varios elementos fisiográficos, orográficos y edáficos que crean distintas condiciones ecológicas, lo cual también explica parcialmente la gran cantidad de especies amenazadas y endémicas que son consideradas hábitat-especialistas (Hernández & Bárcenas, 1995), y *c*) debido a su alto grado de diferenciación en términos florísticos exclusivamente de cactáceas, cada sub-región podría ser considerada como una “sub-provincia cactológica”. Este razonamiento se deriva de las opiniones vertidas por varios autores (Rzedowski, 1966, 1973, 2005; Gómez-Hinostrosa & Hernández, 2000; Hernández *et al.*, 2001; Martínez-Ávalos & Jurado, 2005; Hernández-Oria *et al.*, 2007) quienes señalan la convergencia de procesos biogeográficos que podrían haber influenciado la conformación de los núcleos de endemismo.

Dado un ensamble con un alto nivel de microendemismo en las tres sub-regiones principales del Desierto Chihuahuense, la consecuencia natural es un grado elevado de recambio de especies, lo que genera a su vez porcentajes de complementariedad bastante grandes. Es por lo tanto la diversidad beta el componente de la diversidad más determinante en la riqueza regional del Desierto Chihuahuense. Para efectos de conservación de especies, la escala beta debe ser considerada en primer término, ya que su inclusión garantiza el diseño

de áreas óptimas para la conservación (Margules *et al.*, 1988; Vane-Wright *et al.*, 1991; Pressey *et al.*, 1993). Con un patrón tan heterogéneo en la composición, la estrategia conducente para la conservación de las Cactaceae amenazadas podría ser la búsqueda de las áreas complementarias por sub-región y establecer un conjunto de zonas prioritarias que las incluyan. Desafortunadamente este hipotético diseño está aún lejano de establecerse. Por ejemplo, el Semidesierto Queretano (un área de endemismo) que forma parte de la zona árida Queretano-Hidalguense, en el extremo Sur del Desierto Chihuahuense (Sánchez *et al.*, 2006; Chávez *et al.*, 2006), está excluido de la Reserva de la biósfera “Sierra Gorda” que abarca 3000 km<sup>2</sup>; lo cual demuestra que el grupo de las Cactaceae no es todavía un elemento relevante a considerar en muchos espacios de protección biológica, a pesar de la enorme riqueza que exhibe esta familia en el territorio mexicano.

El patrón no anidado en los ensambles de cactáceas amenazadas cabría esperarse para un contingente tan disímil regionalmente. La falta de anidamiento en los ensambles sugiere, en primera instancia, una gran variación en la composición de especies (Cook, 1995), lo cual es consistente con la alta complementariedad encontrada en las sub-regiones del Desierto Chihuahuense. Además, los ensambles que no están anidados reflejan también elevada heterogeneidad ambiental (Wright *et al.*, 1998), condición que se ha expuesto para explicar la endemidad en varias zonas del Desierto Chihuahuense. La especiación endémica es otra causa importante que explica patrones no anidados (Wright & Reeves, 1992). Probablemente esta causal tenga una mayor relevancia entre las Cactaceae amenazadas del Desierto Chihuahuense, sin embargo el conocimiento sobre este particular es muy escaso o nulo. No obstante puede considerarse al menos el valor explicativo de las causas evolutivas (especiación o adaptación local), históricas (procesos de extinción y colonización) y la heterogeneidad espacial y ambiental.

Si bien no hay suficiente claridad sobre las razones (alguna o la combinación de todas, en cierta medida) del no anidamiento en este grupo de cactáceas, los resultados si apuntan hacia una falta de estructuración de los ensambles por vía del anidamiento. Este patrón tiene estrecha relación con los procesos a la escala local (e.g., competencia, depredación y perturbación) que son considerados causales de exclusión de especies, limitando potencialmente la diversidad en las comunidades, y los procesos a la escala regional (eventos históricos, migración y especiación) que originan las especies que colonizan y enriquecen las comunidades locales (He *et al.*, 2005). Los resultados sugieren que la estructuración competitiva (un proceso local) no es significativa en la organización y el ensamblaje de las especies de Cactaceae amenazadas (*sensu* Diamond, 1975). Esto es, las especies que nunca coexisten son significativamente muy escasas y por lo tanto no hay segregación que conduzca a excluir y/o suprimir especies. De acuerdo con este patrón, la respuesta debe buscarse en los procesos regionales que presumiblemente han creado núcleos de endemismo notable en el Desierto Chihuahuense. Asimismo, la falta de interacciones competitivas entre los ensambles sugiere que en cada sub-región se desarrolla un contingente de cactáceas bastante independiente a la escala local, que sin embargo podrían concebirse también como eventos biogeográficos independientes a la escala regional. De igual modo podría hipotetizarse que a la escala regional

se involucran diversos patrones macroecológicos (Brown, 1995) e histórico biogeográficos que hoy se desconocen y que podrían ser la clave para dilucidar su origen en el Desierto Chihuahuense. Los procesos históricos (e.g., los cambios climáticos del Pleistoceno), son los que más se han estudiado y propuesto como generadores de especiación y aislamiento (Van Devender, T & T. Burgess, 1985; Anderson, 1994; Hillesheim *et al.*, 2005). Puesto que existen 3 sub-regiones principales y en cada unidad hay por lo menos un núcleo de endemismo, entonces cabría esperar que los procesos regionales pudieran haberse expresado de forma más o menos variable en éstas áreas. Profundizar sobre las causas y mecanismos que dieron origen a la gran riqueza de especies con distribución restringida sería de gran trascendencia para la región del Desierto Chihuahuense, donde aún se desarrolla la colección de especies de cactáceas más diversa del mundo.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la oportuna asistencia de la Biol. Ruth Chávez Martínez en la compilación de los datos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, S. 1994. Area and endemism. *Quart. Rev. Biol.* 69:451-471.
- Anderson, E. F. 2001. The Cactus Family. Timber Press. Estados Unidos de América.
- Arias, S., S. Gama, & Ulises Guzmán. 1997. Cactaceae A. L. Juss. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. 14. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Arias, S. 1993. Cactáceas: Conservación y diversidad en México. En: *Diversidad Biológica en México*. Gío-Argáez, R. & López-Ochoterena, E. (Eds.). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp. (XLIV)*:109-115 p.
- Arias, S., U. Guzmán, M.C. Mandujano, M. Soto & J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. I. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. *Cact. Suc. Mex.* 50(4):100-125.
- Atmar, W. & B. Patterson. 1995. The NestCalc Nestedness Temperatura Calculator : A Visual Basic Program including 294 Presence Absence Matrices. AICS Research Inc. University Park, NM and the Field Museum, Chicago, Il.
- Bárceñas, R. 1999. Patrones de distribución de cactáceas en el Estado de Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 24 pp.
- Bravo-Hollis, H. & H. Sánchez-Mejorada. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Brown, J. 1995. Macroecology. The University of Chicago Press.
- Chávez, R., E. Sánchez, M. Hernández, J. G. Hernández-Oria & R. Hernández. 2006. Propagación de especies amenazadas de la familia Cactaceae del Semidesierto Queretano. *Bol. Soc. Latín. Carib. Cact. Suc.* 3(2):9-13.
- Cook, R. 1995. The relationship between nested subsets, hábitat subdivisión and species diversity. *Oecologia*. 101:205-210.
- Cornell, H. & J. H. Lawton. 1992. Species interactions, local and regional processes, and

- limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. *J. Anim. Ecol.* 61: 1–12.
- Colwell, R. & J. A. Donnington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. Royal Soc.* 345:101–118.
- Dávila, P., M. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas & R. Lira. 2002. Biological Diversity in the Tehuacán-Cuicatlán, Valley, México. *Biodiv. and Cons.* 11:421–442.
- Diamond, J. 1975. Assembly of species communities. En: *Ecology and evolution of communities*. Cody, M. y J. Diamond (Eds.). 342–344. Harvard University Press. U.S.A.
- Dinerstein, E., D. Olson, J. Atchley, C. Loucks, S. Contreras-Balderas, R. Abell, E. Iñigo, E. Enkerlin, C. E. Williams & G. Castilleja (eds.). 1999. Ecoregion-based conservation in the Chihuahuan Desert: A biological assessment and biodiversity vision. WWF, CONA-BIO, PRONATURA, ITESM. Washington, DC. 489 p.
- Flores, J. L. & R. Yeaton. 2003. The replacement of arborescent cactus species along a climatic gradient in the southern Chihuahuan Desert: competitive hierarchies and response to freezing temperatures. *J. Arid Env.* 55(4):583–594.
- Goettsch, B. & H. Hernández. 2006. Beta diversity and similarity among cactus assemblages in the Chihuahuan Desert. *J. Arid Env.* 65: 513–528.
- Gómez-Hinostrosa, C. & H. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, México. *Biodiv. Cons.* 9: 403–418.
- Gotelli, N. 1999. How do communities come together? *Science* 286:1684–1685.
- Gotelli, N. J. & G. L. Entsminger. 2001. *EcoSim. null models software for ecology*. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear.
- Gotelli, N. & J. McCabe. 2002. Species co-occurrence: A meta-analysis of J. M. diamond's assembly rules model. *Ecology* 83(8): 2091–2096.
- Guzmán, U., Arias, S. & P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- He, F., K. Gaston, E. Connor & D. Srivastava. 2005. The local-regional relationship: immigration, extinction, and scale. *Ecology*. 86(2):360–365.
- Hernández, H. & H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot. Mex.* 26: 33–52.
- Hernández, H. & R. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Cons. Biol.* 9(5): 1176–1188.
- Hernández, H. & R. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and Conservation. *Cons. Biol.* 10(4): 1200–1209.
- Hernández, H., C. Gómez-Hinostrosa & R. Bárcenas. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot spot in the Chihuahuan Desert. *Biod. Cons.* 10: 1097–1112.
- Hernández, H., C. Gómez-Hinostrosa & B. Goettsch. 2004. Check list of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harv. Pap. Bot.* 9(1):51–68.

- Hernández-Oria, J. G., R. Chávez & E. Sánchez. 2007b. Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. *Interciencia* 32: 728-734.
- Hillesheim, M., D. Hodell, B. Leyden, M. Brenner, J. Curtis, F. Anselmetti, D. Ariztegui, D. Buck, T. Guilderson, M. Rosenmeier & W. Schnurrenberger. 2005. Climate change in lowland Central America during the late deglacial and early Holocene. *J. Quat. Sci.* 20(4): 363-376.
- Hunt, D. 1999. CITES Cactaceae checklist. Royal Botanic Gardens Kew & International Organization for Succulent Plant Study (IOS). Remous Limited, Milborne Port.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature.) 2006. Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>.
- Kelt, D., P. Marquet & J. Brown. 2000. Geographical ecology of south American desert small mammals: consequences of observations at local and regional scales. *Global Ecol. & Biog.* 9:219-223.
- Margules, C. R., A. O. Nicholls & R. L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biol. Cons.* 43: 63-76.
- Martínez-Avalos, J. G. & E. Jurado. 2005. Geographic distribution and conservation de Cactaceae from Tamaulipas Mexico. *Biodiv. Cons.* 14:2483-2506.
- Medellín-Leal, F. 1982. The Chihuahuan Desert. En: Bender, L. (ed.). *Reference handbook on the deserts of North America* 6:321-381. West Port. Greenwood Press.
- Pressey, R. L., C. J. Humpries, R. Margules, I. Vane-Wright & P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecol. and Evol.* 8: 124-128.
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Cient. Pot.* 5(1-2):1-291.
- Rzedowski, J. 1973. Geographical relationship of the flora of Mexican dry regions En: Graham, A. (ed.). *Vegetation and vegetational history of northern Latin America*, Elsevier, Amsterdam.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mex.* 14:3-21.
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of phanerogamic flora of Mexico. En: Ramamoorthy, R., Bye, A. & J. Fa. (Eds.). *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Pp. 129-146. Oxford University Press. New York, USA.
- Rzedowski, J. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. En: J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F.
- Sánchez, E. R. Chávez, J. G. Hernández-Oria & M. Hernández. 2006. Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la zona árida Queretano-Hidalguense. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). 2001. Norma

- Oficial Mexicana NOM-059- Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 8 de marzo de 2001.
- Stohlgren, T., D. Guenther, P. Evangelista & N. Alley. 2004.** Patterns of plant species richness, rarity, endemism, and uniqueness in an arid landscape. *Ecol. Appl.* 3: 715-725.
- Stone, L. & A. Robert's. 1990.** The checkerboard score and species distribution. *Oecologia* 85:75-94.
- Van Devender, T. & T. Burgess. 1985.** Late Plesitocene woodlands in the Bolson de mapimí: a refugia for the Chihuahuan Desert Biota? *Quart. Res.* 24:346-353.
- Vane-Wright, R. I., C. Humphries & P. H. Williams. 1991.** What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biol. Cons.* 55: 235-254.
- Worthen, W. B. 1996.** Community composition and nested-subset analyses: Basic description for community ecology. *Oikos* 76:417-426.
- Wright, D. & J. Reeves. 1992.** On the meaning and measurement of nestedness of species assemblages. *Oecologia* 92:416-428.
- Wright, D., G. Patterson, M. Mikkelsen, A. Cutler & W. Atmar. 1998.** A comparative analysis of nested subset patterns of species composition. *Oecologia*. 113:1-20.
- Zar, J. H. 1999.** Biostatistical Análisis. Prentice Hall, New Jersey, USA.

**Cuadro 1.** Riqueza, similitud y complementariedad en las tres sub-regiones del Desierto Chihuahuense. Arriba de la diagonal se indica en itálicas las especies compartidas y en paréntesis la complementariedad (%). La diagonal señala la riqueza por sub-región. Debajo de la diagonal y en negritas aparecen los valores estandarizados del número esperado de especies compartidas<sup>1</sup>.

| Sub-regiones  | Septentrional | Meridional       | Austral         |
|---------------|---------------|------------------|-----------------|
| Septentrional | 32            | <i>11 (88,8)</i> | <i>2 (99,9)</i> |
| Meridional    | <b>-6,2**</b> | 38               | <i>3 (99,5)</i> |
| Austral       | <b>-7,3**</b> | <b>-7,5**</b>    | 28              |

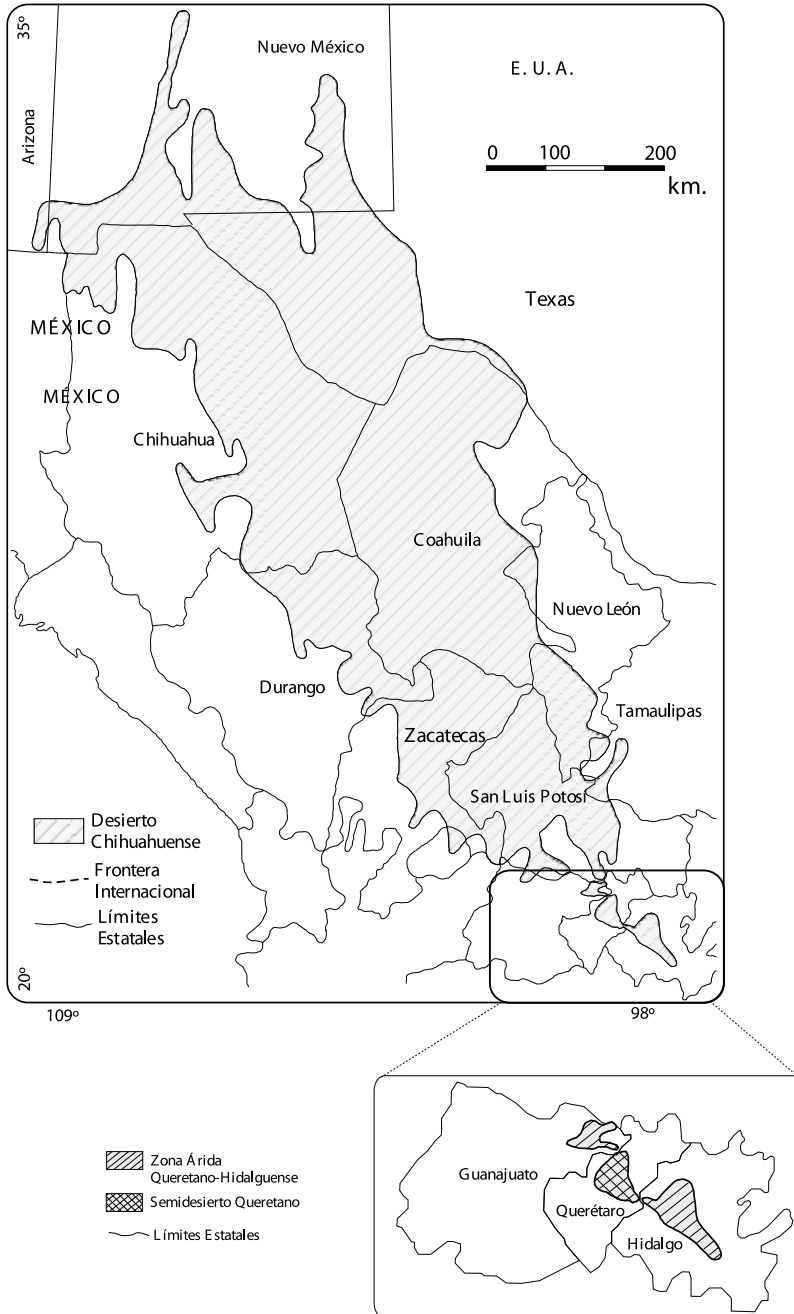
<sup>1</sup> Haberman test: Z(1%)= 2,57 \*\*

**Cuadro 2.** Análisis de anidamiento de ensambles de especies entre las tres sub-regiones del Desierto Chihuahuense. Se indica la temperatura *T* y la probabilidad de que el patrón de anidamiento sea por azar.

|              | Sub-regiones  |            |         |
|--------------|---------------|------------|---------|
|              | Septentrional | Meridional | Austral |
| Temperatura  | 46,1          | 38,2       | 36,3    |
| Probabilidad | 0,77          | 0,08       | 0,25    |

**Cuadro 3.** Valor de *C-score* y distribución complementaria en ensambles de especies amenazadas de las tres sub-regiones del Desierto Chihuahuense.

| Sub-regiones  | Índices        |          |                   |                             |          |                   |
|---------------|----------------|----------|-------------------|-----------------------------|----------|-------------------|
|               | <i>C-score</i> |          |                   | Distribución complementaria |          |                   |
|               | Observado      | Esperado | <i>p</i>          | Observado                   | Esperado | <i>p</i>          |
| Septentrional | 5,1            | 6,8      | 0,1 <sup>-5</sup> | 285                         | 338      | 0,1 <sup>-5</sup> |
| Meridional    | 3,3            | 6,9      | 0,1 <sup>-5</sup> | 405                         | 491      | 0,1 <sup>-5</sup> |
| Austral       | 3,8            | 5,2      | 0,1 <sup>-5</sup> | 197                         | 249      | 0,1 <sup>-5</sup> |



**Figura 1.** Área de estudio: El Desierto Chihuahuense.

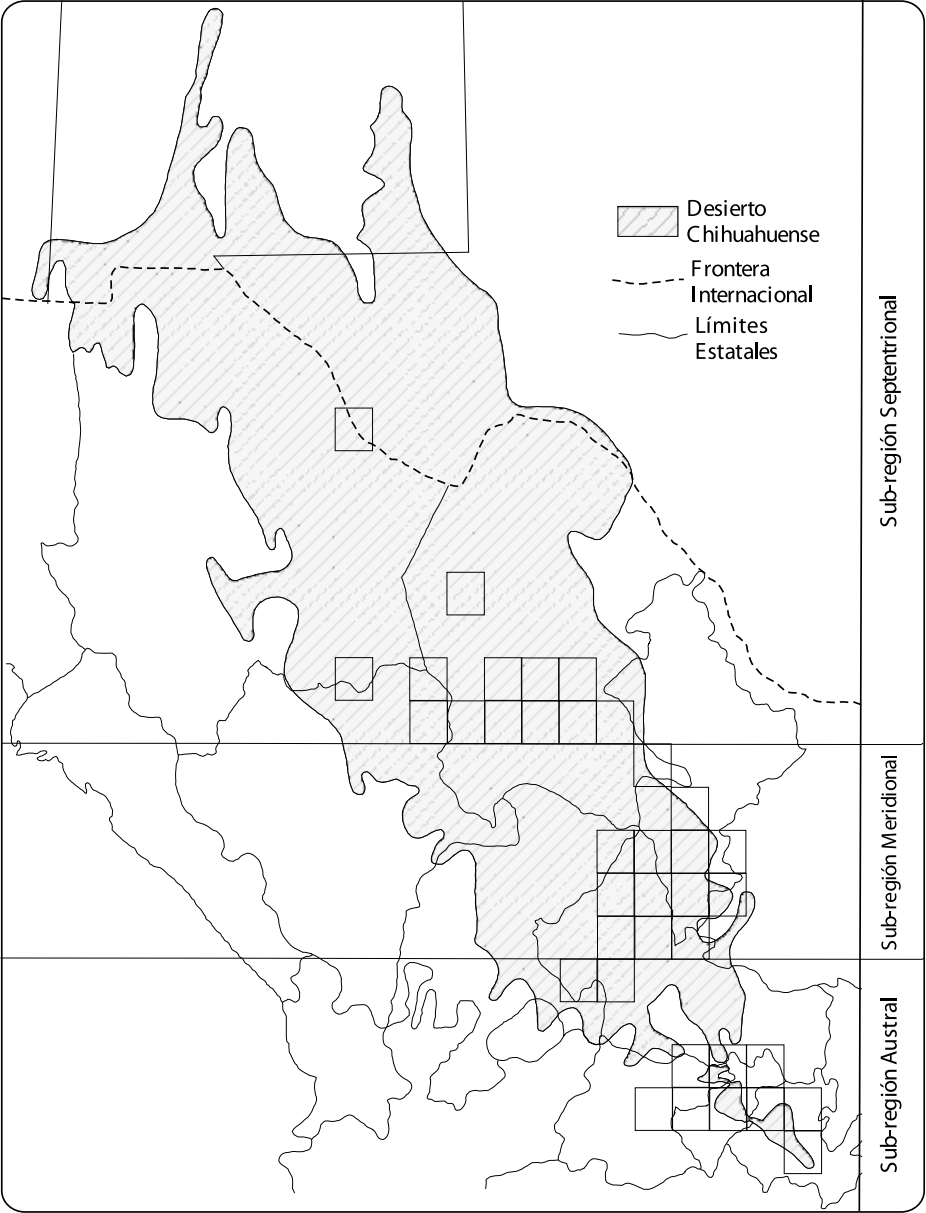
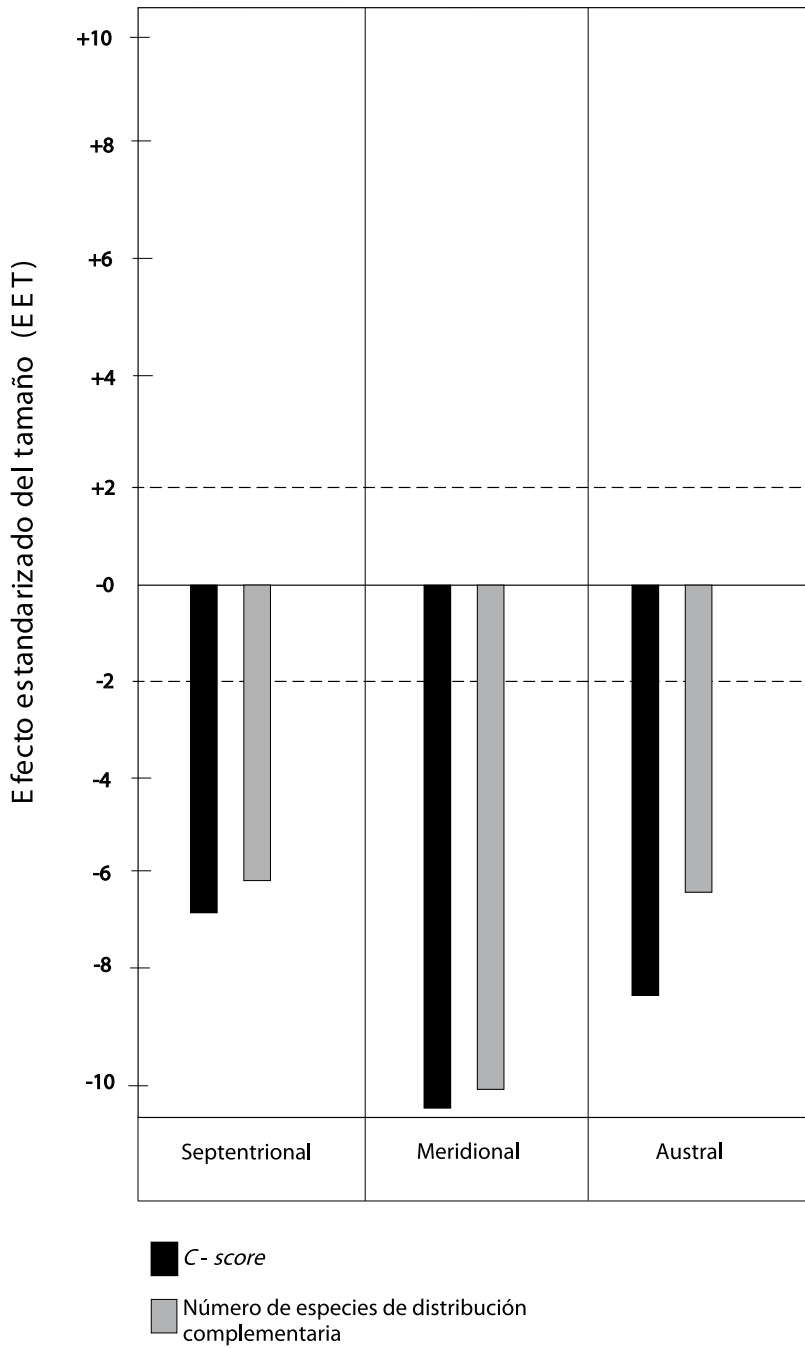


Figura 2. Delimitación de los cuadrantes y las tres sub-regiones del Desierto Chihuahuense.



**Figura 3.** Efecto estandarizado del tamaño (EET) medido en matrices de presencia ausencia en las sub-regiones del Desierto Chihuahuense. La hipótesis nula es que el EET es igual a 0,0 y que el 95 % de las observaciones estarían entre -2,0 y +2,0.

# Tiempos de sequía, tiempos de escasez. Las dimensiones materiales, simbólicas y rituales en el aprovisionamiento y uso del agua en tierras secas, Mendoza, Argentina

LAURA MARÍA TORRES<sup>1\*</sup>, GABRIELA CLAUDIA PASTOR<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mendoza, Argentina.

<sup>(2)</sup>Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA – LaDyOT), Mendoza, Argentina.

\*Email: ltorres@mendoza-conicet.gob.ar

## RESUMEN

El trabajo da cuentas de los avances en las investigaciones desarrolladas en torno a la construcción del hábitat en las tierras secas del centro oeste argentino.

Se presenta el caso del noreste de la provincia de Mendoza; territorio signado por la aridez, habitado por grupos automarcados como Huarpes. El trabajo se orienta a desplegar algunas de las particularidades culturales que se expresan en el paisaje cultural construido a partir del aprovechamiento de los recursos hídricos. La hipótesis señala la existencia de al menos dos dimensiones básicas, una material (tecnologías y dispositivos para la captación y uso del recurso hídrico), y una simbólica (rituales asociados al agua) que interactúan en la conformación de los etnoterritorios, que se expresan de modos diversos en su paisaje cultural.

Mediante la metodología cualitativa, se describe el paisaje cultural de la zona de estudio. Luego se analizan las tecnologías y dispositivos mediante los que se efectúa el aprovisionamiento del agua para finalmente examinar un ritual realizado por los pobladores en épocas de restricciones hídricas: el “Baile de San Vicente”.

Se concluye, que la construcción del hábitat da cuenta de una compleja estrategia que ayuda a los pobladores a atender su reproducción social.

Palabras clave: construcción del hábitat, dimensiones materiales, simbólicas y rituales, Mendoza, tierras secas, uso del agua.

## ABSTRACT

*Times of drought, times of shortage: the material, symbolic and ritual dimensions in the supply and use of water in the dry lands of Mendoza, Argentina.*

*The study submitted aims at giving an account of the progress achieved in the research on the construction of the cultural water landscape in drylands of the Argentine center-west. The case*

*study is the northeast of Mendoza province, an area inhabited by human groups self-defined as Huarpes.*

*The work is oriented to showing some of the cultural peculiarities displayed by these groups. The hypothesis from which this study develops points out the existence of -at least- two basic dimensions associated with the use of water resources: a material dimension (technologies and devices for catchment and use of water resources) – and a symbolic dimension (water-related rituals) that interact in the formation of ethno-territories and manifest themselves in diverse ways in the cultural landscape.*

*Finally, it is concluded that the cultural landscape observed through its material and symbolic dimensions accounts for the “integrated and complex adaptive strategy” whereby local people have thus far been able to solve their social reproduction issue.*

*Key words: cultural landscape, drylands, material, symbolic and ritual dimension, Mendoza, water use.*

Si la afirmación “agua, sinónimo de vida” resulta asertiva en cualquier geografía del planeta, en contextos de restricciones hídricas su sentido se torna literal y adquiere un realismo dramático. De hecho, en los espacios habitualmente nombrados como “desiertos”, los períodos de escasez y más aún, los de restricción absoluta, se traducen en muertes humanas concretas que no resultan pasibles de eufemización alguna.

Buena parte del territorio argentino retrata esta situación. Tierras resacas, vegetación agónica y poblaciones sumergidas son algunas de las caras más habituales cuando se evoca la imagen de los desiertos argentinos.

Mendoza, provincia ubicada a la sombra de la cordillera de los Andes, en el límite con la República de Chile, es uno de los tantos espacios de Argentina donde estas imágenes cobran vida. En ella, el 97% del territorio se halla al margen de cualquier forma de riego artificial y, aún cuando se trate de tierras escasamente pobladas, dependen de un modo absoluto de un magro régimen de precipitaciones que en algunos casos supera con dificultades los 100 mm anuales.

Sin embargo, si las restricciones en las disponibilidades de agua son una de las notas distintivas de estos espacios, también es característico de ellos que el ingenio humano se haya puesto al servicio de superar las limitaciones impuestas por la naturaleza.

Sobre el extremo noreste de la provincia de Mendoza se ubica Lavalle (Figura 1). Aún cuando en menor escala, este departamento reproduce la dinámica de estructuración del territorio que expone la provincia de Mendoza. Sobre una extensión total de 10,334 km<sup>2</sup>, el 3,3% del mismo (337 km<sup>2</sup>) se halla bajo riego y concentra el 90% de la población (29,114 habitantes de un total de 32,129 habitantes). El restante 96,7% del territorio se presenta como una vasta llanura sin riego (nombrada como “desierto” o “secano”) en la que habita cerca del 10% de la población del departamento (3015 habitantes) (INDEC, 2001).

Los factores y procesos que explican la configuración territorial de la provincia y de Lavalle en particular, han merecido el tratamiento sistemático de varios autores (Abraham & Prieto, 1981; Prieto & Abraham, 1993-1994; Montaña *et al.*, 2005). Por la profundidad de aquellos

trabajos y porque escapa a los objetivos del presente, no se analizará aquella trama histórica. Basta sin embargo señalar que: 1) los territorios de “desierto” se han estructurado como tales a lo largo del tiempo; 2) que a sus naturales condiciones de aridez se han sumado una serie de dinámicas históricas que determinan la agudización de sus condiciones desérticas y su progresiva subordinación a las zonas de oasis (Prieto & Abraham, 1993-1994; Montaña *et al.*, 2005); 3) que las dinámicas centro-periferia se reproducen en la polaridad oasis/desiertos y se respaldan en elocuentes desequilibrios en las distribuciones de poder y, finalmente, 4) que procesos graves de desertificación junto a elevados índices de pobreza son algunos de los rastros presentes de aquellas condiciones estructurales de relación desigual. Casi a pesar de estas condiciones, en los espacios de “desierto” la población sobrevive, vive y al compás de una constante creación y recreación de prácticas culturales particulares y distintivas, modela el territorio y construye su hábitat, estableciendo de este modo una singular relación con el medio y con aquellas porciones de la naturaleza que transforma en recursos naturales.

Si el medio en que se desarrolla la vida en el “desierto” exhibe interesantes particularidades, la restricción hídrica es, sin lugar a dudas, la que mayor poder presenta como limitante de la vida y como potenciadora de esfuerzos de modelación de su espacio de vida.

Al interior de un territorio que da viva cuenta de estas limitaciones y de estos esfuerzos por sobreponerse a ellos, el trabajo se orienta a analizar dos dimensiones —a nuestro juicio relevantes— de su recurso más escaso y valorado: el “agua”. Para proceder en esta dirección se estudian, no las luchas abiertas por el agua que tienen lugar en las arenas políticas locales, sino aquellas otras formas de resolución de la escasez que se juegan de lleno en el complejo vínculo sociedad/naturaleza. En este sentido, se aborda el caso de las tierras no irrigadas que se abren sobre el extremo nordeste de la provincia de Mendoza —en adelante “desierto” de Lavalle— y, en su interior, se plantean dos objetivos de estudio. En primer lugar “caracterizar las tecnologías y dispositivos mediante los cuales se efectúa el aprovisionamiento de los recursos hídricos en la zona” y, en segundo lugar y como complemento de esa materialidad, “analizar la dimensión simbólica que se imbrica en esta problemática, a través de un ritual mediante el cual los pobladores del desierto ruegan la llegada de las lluvias salvadoras”.

Las hipótesis en torno a las cuales se articula el trabajo señalan que si en estos espacios, las restricciones en las disponibilidades de agua resultan una limitante severa a la vida, en su contracara deben potenciar acciones de modelación del territorio y, en este contexto, abrigar saberes que permitan enfrentar la lucha por la obtención del recurso, a la vez que mitigar los efectos que se derivan de su escasez. Por su parte, si en torno del agua —“recurso madre del desierto”— se tejen algunas prácticas culturales de los grupos humanos que allí construyen su hábitat, éstas deberían expresarse a través de dos dimensiones básicas de cuya integración debería resultar una totalidad compleja. Estas dimensiones serían, de un lado la material —expresada en las tecnologías y dispositivos utilizados para el aprovisionamiento del recurso hídrico— y de otro lado, la simbólica —visibilizada, en este caso, en un ritual asociado al agua—. Finalmente, teniendo en cuenta que la zona de estudio puede ser considerada un etnoterritorio, cabe considerar la posibilidad que el uso y manejo del agua sea una de las

dimensiones de la cultura que al grupo étnico que contiene (Huarpe) le permite marcar su especificidad y crear un espacio de identidad que vehiculiza la oposición nosotros/otros.

Desde la perspectiva que asume el trabajo, los etnoterritorios constituyen una categoría que da cuenta de los espacios habitados por pueblos indígenas o por una parte de éstos, que poseen por característica, encontrarse delimitados por hitos geográficos reconocidos socialmente por una o más agrupaciones de una misma etnia o de otra distinta. Estos territorios son valorizados por los indígenas, al asignarle un contenido político, económico, social, cultural y religioso (Molina, 1995). Los principales factores para la identificación y singularización territorial son aquellos elementos que para los grupos funcionan como marcadores de especificidad. El caso del agua y más exactamente, las prácticas sociales que este recurso moviliza podrían resultar, justamente, colocadas en ese lugar, es decir, como marcadores de especificidad de un grupo y como parte distintiva de lo que consideran “su cultura”.

Claro está que la cultura no es tratada aquí como una esencia aislada, estática y ahistórica, abstraída de su relación con el contexto. Por el contrario, resulta interesante recuperar la visión que –entre otros (Comas D’Argemir, 1998)– presenta Wolf cuando expresa que “...dentro de la rudeza de la interacción social, los grupos explotan las ambigüedades de las formas heredadas y les dan nuevas evaluaciones y valencias; toman prestadas formas que expresan mejor sus intereses, o bien formas totalmente nuevas. Además, si suponemos que esta interacción no es causativa en sus propios términos, sino que responde a fuerzas económicas y políticas de más fuste, entonces, la explicación de formas culturales debe tomar en cuenta este contexto más amplio, este campo de fuerzas más ancho. De este modo, una cultura se aprecia mejor como una serie de procesos que construyen, reconstruyen y dismantelan materiales culturales, en respuesta a determinantes bien identificables” (Wolf, 2005: 468). En rigor, la zona y los grupos que allí habitan no se hallan desgajados de un contexto más amplio, aún cuando esta afirmación no implique negar que, dentro del conjunto de prácticas que los grupos desarrollan, seleccionen unas particulares que les permiten afirmarse como un “nosotros” unido y homogéneo y fuertemente opuesto a un “otro” apoyando, de este modo, la emergencia de un espacio de identidad (Comas D’Argemir, 1998).

El presente trabajo es resultado de un proyecto de investigación que lo excede al tiempo que lo integra, orientado a analizar la dinámica de los procesos de desertificación en las tierras secas del centro oeste argentino. Resulta de un exhaustivo trabajo de campo llevado a cabo en la zona de estudio entre los años 2000 y 2005. Aún cuando más compleja, la metodología privilegiada en este caso es la cualitativa y, las técnicas aplicadas, algunas de las habituales en la investigación en Ciencias Sociales (entrevistas grupales, en profundidad y observación participante), a las que se suman diversos relevamientos gráficos y fotográficos realizados in situ.

Respecto del ritual que luego se analiza cabe aclarar que en el trabajo se presentan los resultados a los que se ha arribado con la consulta exhaustiva a informantes clave dentro de una muestra intencionada (Valles, 2000). En el proceso de selección de informantes, por su parte, interesó trabajar con aquellos que habían tenido oportunidad de participar de estos “bailes”, con quienes se aplicaron sucesivas instancias de entrevistas en profundidad (Valles, 2000) y luego, las técnicas de análisis de contenido (Oxman, 1998).

## LA ZONA DE ESTUDIO

El área estudiada se ubica en el noreste de la provincia de Mendoza. Posee clima árido, con precipitaciones que varían entre los 100 y 180 mm anuales. Éstas se distribuyen según un claro régimen estival, siendo abundantes en enero y febrero y exiguas en junio y julio. Por su parte, los veranos son calurosos (las temperaturas ascienden a 30°C) y, los inviernos, considerablemente más fríos (9°C).

El paisaje del desierto es marcadamente horizontal. Los suelos arenosos se alternan con la aparición de dunas (fijas y móviles) y con una rala vegetación arbustiva (Figura 2). Ésta aún atestigua que, alguna vez, allí existió un rico bosque de algarrobos que resultara diezmado en el primer tercio del siglo XX para ser transformado en leña y postes para las vides y para el alumbrado público de la ciudad de Mendoza (Abraham & Prieto, 1981). Al interior de este vasto espacio (10,007 km<sup>2</sup>) once poblados salpican el territorio. Se trata de pequeños caseríos que no superan las 40 viviendas y que funcionan como nodos de una débil red de servicios básicos (Figura 3). Se disponen orgánicamente en las inmediaciones de los cauces de los ríos Mendoza y Desaguadero, otrora “verdaderos corredores de vida” (Chiavazza *et al.*, 2002) que hoy sólo ocasionalmente conducen agua dados los mayores requerimientos que impone la agricultura y las ciudades, situadas en la parte alta de la cuenca (Abraham & Prieto, 1981; Prieto & Abraham, 1993-1994, 1998, 2000; Montaña *et al.*, 2009). A su vez, los caseríos se rodean de puestos aislados o mínimamente agrupados, claramente asociados a antiguos cauces –hoy extintos– y a unos pocos ejemplares arbóreos, que sorprenden como diminutos oasis en medio de un inmenso desierto. En total, la población supera magramente los 3000 habitantes, de modo que la densidad poblacional de área apenas alcanza los 0,3 hab/km<sup>2</sup>.

La producción de la zona se halla fundamentalmente orientada a la producción caprina. A escala de las unidades domésticas, en algunos casos se asocia con la venta de abonos orgánicos (guano de cabra), con la recolección y venta de junquillo y/o con la producción y venta de artesanías. Finalmente, algunas familias suman ingresos devenidos de diversos empleos públicos y, en mayor proporción en los últimos años, de subsidios directos a la pobreza.

Los “puestos”, principales actores de estas economías, se presentan como unidades de producción de tipo familiar, fuertemente orientados a la subsistencia. Completan en su interior la totalidad del circuito productivo, en la mayoría de los casos se nutren de mano de obra familiar, destinan la mayor parte de la producción al autoconsumo y sólo comercializan una pequeña proporción. El producto que se destina al mercado se compone de cabritos lechales (45 días) que se venden a intermediarios (cabriteros) que recorren la zona retirando la producción (Torres *et al.*, 2005).

En términos generales la zona resulta alejada de la ciudad capital (100 km), presenta condiciones que dificultan su accesibilidad –caminos en mal estado con deficiencias serias a nivel de las señalizaciones– y mantiene severas limitaciones en sus servicios e infraestructura. Estudios previos indican que se trata de población que vive al límite de sus posibilidades de subsistencia, en un ecosistema que ha sido profundamente transformado, cada vez más degradado y consiguientemente, con menos recursos que explotar. Cursos de agua que se

vuelven exiguos a medida que se incrementa el consumo “aguas arriba” de la cuenca y campos con sobrecarga animal, son algunas de las características que presenta en la actualidad la zona de estudio (Pastor *et al.*, 2005).

Para terminar, la población se organiza en once comunidades indígenas, en su mayoría coincidentes con cada uno de los poblados que salpican el territorio. Esta modalidad organizativa es relativamente nueva para la zona y, de hecho, se corporiza en los años 90. Si bien es un entramado complejo de situaciones el que explica que esta afirmación étnica se produzca hacia esos años, basta señalar que en la actualidad “lo Huarpe” se erige como un discurso en pugna en las arenas políticas, económicas y culturales de la provincia.

### EL AGUA EN EL PAISAJE DEL DESIERTO

Tanto en la ciudad de Mendoza como en sus desiertos, el agua no sólo es un recurso estratégico sino el principal agente de ordenación del territorio y consecuentemente, de su paisaje cultural.

En el desierto, los puestos emergen como expresión tangible de ese paisaje y compendian un sinnúmero de saberes asociados a los condicionantes de contexto. En el caso particular del agua, sintetizan la dialéctica entre las restrictivas posibilidades del medio y las necesidades de supervivencia de la población.

Las estrategias implementadas para obtener agua y los dispositivos de almacenamiento, distribución y eliminación, se constituyen en referentes materiales de la cultura del desierto y se constelan de los saberes propios emanados de las llamadas “tecnologías tradicionales” para la construcción del hábitat. La construcción del territorio se nutre y requiere de estos saberes y el paisaje los expresa.

Los saberes y tecnologías tradicionales son bienes culturales, testimonios de los procesos evolutivos biológico-culturales que representan las experiencias acumuladas de la interacción entre el ambiente y las comunidades humanas (Karlim *et al.*, 1998). Las características diferenciales de estos conocimientos radican en aspectos como la socialización y transferencia de los mismos fundados en un aprendizaje empírico del contexto y ligados a prácticas destinadas a la satisfacción de las necesidades básicas. La producción de tecnologías tradicionales puede estar inserta en modelos de participación comunitaria propios de los sistemas socioculturales del grupo y se sirven de los recursos materiales y energéticos que el entorno provee (Karlim *et al.*, 1998; Pastor, 2000).

Como se ha señalado, en la zona de estudio el territorio presenta una ocupación extensiva en base a la dispersión de pequeñas unidades productivas domésticas (puestos). Éstos se hallan constituidos por un conjunto de construcciones y espacios yuxtapuestos con funciones diversas en base a la combinatoria formal de espacios cerrados (habitación, depósitos); intermedios (galerías o enramadas) y abiertos (corrales) de distinto tamaño y factura ubicados en el mismo conjunto o en las cercanías (Figura 4).

Teniendo en cuenta que la accesibilidad al agua es la que orienta y estructura el asentamiento del puesto, los pozos, tanques, cisternas, acequias o aguadas son al puesto, lo mismo que la vivienda, los corrales o los galpones. Es decir, constituyen elementos inherentes a su definición.

Estas unidades poseen, a la vez, funciones de alojamiento del grupo familiar y de producción animal, eventualmente, de una huerta. Por tanto, las infraestructuras domésticas destinadas al aprovechamiento de los recursos hídricos, hallan su finalidad en el manejo del agua para consumo humano, animal y riego.

El relevamiento de campo sobre los dispositivos que permiten la captación y el almacenamiento del recurso ha mostrado una interesante gama de soluciones que se analizan en función del ciclo que recorre el agua al interior del puesto: captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y eliminación.

Dada la situación crítica de disponibilidad del recurso, los sistemas de captación resultan los de mayor importancia. Los escasos acuíferos superficiales son aprovechados mediante la construcción de acequias excavadas en la tierra (zanjas) que permiten, eventualmente, llevar agua del río al puesto para ser depositada en los pozos.

En cambio, el agua de lluvia que recogen los techos, se conduce mediante cañerías o canales hasta tanques cisternas o tanques plásticos dispuestos para el almacenamiento; también, se la aprovecha a través del almacenamiento en lagunas artificiales excavadas en la tierra o en depresiones naturales de muy poca profundidad (ramblones) para evitar la contaminación con la napa freática (Figura 5).

Sin embargo, es el pozo de agua subterránea el dispositivo más extendido. Bajo el nombre de “pozos balde” esta tecnología permite aprovechar las napas subterráneas permitiendo la expansión en la ocupación a zonas interiores alejadas de los ríos. Estos pozos consisten básicamente en una excavación que posibilita introducir baldes hasta alcanzar a las primeras napas. Son de sección cuadrangular con paredes de 0,80 a 1,00m de lado aprox., revestidas con troncos de madera de algarrobo los más antiguos o de sección circular revestidos con caños cementicios, los más recientes.

El pozo manga –también utilizado– se diferencia de éste por el uso de una manga de goma –trozo de cámara de tractor, antes realizada en cuero– que sirve para elevar el agua desde la napa hasta unos 9 ó 12 m de profundidad. El agua extraída, luego se deposita en calicantos, bebederos, piletas o en los mismos ramblones. Aún cuando menos habituales, se ha registrado también el uso de algunos molinos de viento (Figura 6).

Una mención aparte merece el “pozo jagüel”. A diferencia de los anteriores se destina exclusivamente a satisfacer las necesidades del consumo animal. Si bien también se trata de alcanzar la napa freática, esta vez se recurre a una rampa excavada en el suelo. Es un dispositivo de gran tamaño que aprovecha las posibilidades de excavación en suelos blandos para permitir el acceso animal hasta el fondo del pozo donde se encuentra el agua. Ese acceso no es irrestricto si no que posee una tranquera que permite efectuar cierto manejo del ganado. Los otros bordes del pozo conservan el perfil del terreno original a cuya contención colabora la cobertura natural del suelo (Figura 7).

En cuanto a los dispositivos de almacenamiento, los destinados para el consumo animal son los mismos bebederos (Figura 8). Mientras algunos coinciden con la fuente de captación –caso de los ramblones–, otros son construcciones ad hoc realizadas en mampostería convencional o mediante el reciclado de algunos elementos (cubiertas de vehículos, por ejemplo).

Para el consumo humano, tanques de reserva de fibrocemento, piletas, piletones, tanques plásticos, baldes y las aún vigentes tinajas cerámicas, constituyen el repertorio de elementos disponibles. Se trata de un almacenamiento disperso que permite eliminar las instalaciones de distribución al interior de la vivienda al tener diversos depósitos repartidos en distintas dependencias del puesto. Esta modalidad es coherente con la multifuncionalidad de los locales dado que no requieren de instalaciones previas para definir la función a la que habrán de ser destinados (Figura 9).

Finalmente, respecto de la eliminación de efluentes cabe simplemente señalar que se realiza a cielo abierto y que, en pocos casos, se cuenta con pozo absorbente para el vertido de los desechos sanitarios (figura 10).

Es de destacar que a la escasez de agua potable, se suma la mala calidad del agua extraída de las napas subterráneas. Ésta contiene altos valores de salinidad y habitualmente no resulta apta para consumo humano; existen también serios problemas de hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE). No obstante ello, la diversidad y riqueza de dispositivos utilizados para la captación de agua hacia el interior de los puestos, resulta verdaderamente contrastiva respecto de la que se observa en el caso de los dispositivos implementados para la eliminación de las aguas servidas. Estos datos indicarían, entre otras cosas, que la diversidad de dispositivos resulta adecuada a un aprovechamiento intensivo del recurso, adaptado a las fuentes y modos de captación señalados por la oferta de las condicionantes ambientales; también, que la mala calidad del agua resulta casi accesorio respecto de la posibilidad de contar con el recurso, dada la situación límite en la que transcurre la vida en el desierto.

Ahora bien, si los dispositivos analizados dan cuenta de algunos de los capitales culturales de los pobladores de la zona, es por su parte evidente —o al menos así emerge del trabajo de campo— que la eficacia de todos ellos queda sujeta a una condición básica dada por la necesidad de contar con agua para luego, eventualmente, almacenar, distribuir y eliminar. De este modo, estos sistemas materiales cobran un nuevo sentido si se los analiza en complemento con el conjunto de prácticas sociales que buscan aprovisionarse del agua necesaria para afrontar los períodos de escasez.

Las penurias que afrontan los pobladores para resolver la escasez de agua, no se resuelven de modo exclusivo con el auxilio de los desarrollos tecnológicos, sino también mediante un vasto universo de otras prácticas, en el marco de las cuales la magia emerge como parte de estos dispositivos.

## EL OTRO PAISAJE, “BAILANDO CON SAN VICENTE...”

Según los pobladores del desierto de Lavalle, el baile de San Vicente se ha hecho desde siempre y tiene por finalidad “pedirle al santo que llueva”. El santo al que se destinan las rogativas es San Vicente Ferrer, aunque para los pobladores no termina de quedar claro de qué San Vicente se trata, finalmente.

“...la verdad es que no sé... pero debe ser el que se vista de marrón, porque esa es la imagen que tenemos” (Torres & Pastor, trabajo de campo, 2004).

Aún cuando las imágenes del santo no abundan y son “...difíciles de conseguir” (Torres &

Pastor, trabajo de campo, 2005), en algunas viviendas es posible observar estatuillas o estampitas de San Vicente, junto a otras de la Virgen María y del Corazón de Jesús (Figura 11). Al interior de la zona de estudio, los Bailes de San Vicente se desarrollan en verano, comienzan en noviembre, terminan hacia febrero y se agudizan a lo largo del mes de enero. En principio, es indistinto que se realicen en un puesto, en un jaquiel o aún a campo abierto, pero es característico de ellos que se lleven a cabo cerca de un ojo de agua o aguada y siempre a cielo abierto. Según el relato de los pobladores, un vecino de la zona es quien promete “el San Vicente” al santo y quien luego invita a los vecinos del lugar para pagar juntos la promesa. Los vecinos se reúnen en el sitio del encuentro en horas de la noche y dan comienzo al baile.

En la oportunidad, el promesante ofrece la cena, en general empanadas, asado de chivo y, a veces, hasta una vaca o ternero. Él es quien está obligado a recibir, atender y servir a sus vecinos y, aún cuando algunos más puedan colaborar con algunos animales o con algo de vino, en el promesante recaen los gastos más importantes.

Antes o después de la cena comienza el pago de la promesa. Bajo el nombre de “baile” lo que se ha prometido es una cantidad determinada de cuecas cuyanas (danza del folclore de Mendoza) que en un número siempre par, deberán bailarse en medio del patio. En algunos casos, la cantidad de parejas a bailar deben ser una nueva por cueca, de modo que si la promesa es de veinte cuecas, los bailarines deberán ser 20 hombres y 20 mujeres. Las promesas más habituales son las de 12, 14 o 16 cuecas.

Al compás de las guitarras del lugar, las parejas bailan una a una las cuecas prometidas. Una vez saldada la deuda, los vecinos invitados podrán proceder a cenar y, recién luego, podrán bailar al compás de otros ritmos. Es ley conocida y aceptada por todos que antes de saldada la deuda, no se pueden interpretar ritmos que no sean las estrictas cuecas cuyanas prometidas.

“... antes de pagar las cuecas, no se puede bailar nada que no sean cuecas... después de eso si y ahí empiezan las tonadas, los gatos, las chacareras... lo que venga, pero antes de pagar... nada, sólo cuecas” (Torres, trabajo de campo, 2003, pobladora de la zona de San José, Lavalle).

En algunas oportunidades, las parejas deben bailar con pañuelos de seda nuevos, cuyo costo deberá afrontar el promesante. En otros casos, la procedencia de los pañuelos es indistinta o al menos no se menciona y sólo importa que las parejas sean distintas en cada danza. En la última cueca, todas las parejas bailan juntas y la promesa se considera saldada, de modo que sólo resta esperar que el santo cumpla, prodigando lluvias. En general, los pobladores dan gran crédito al santo y mencionan que una vez que un San Vicente se realiza, “el agua llega”. “...Después de un San Vicente... como a los tres o cuatro días llueve...” (Torres, trabajo de campo, pobladora de la zona de Asunción, 2002).

“Una vez el compadre Faustino... uy... hizo un San Vicente... y había prometido... y había pedido que fuéramos por los médanos y nos devolviéramos por el agua... y así ha sido... En el Baile mismo... tanto empezó a llover que a la mañana, cuando nos volvíamos, hemos venido caminando por el medio del agua, del aguacero que ha caído...” (Torres, trabajo de campo, entrevista a pobladora de Asunción, 2004).

Además de las mesas y del patio de honor que se organizan para la oportunidad, es característico que el santo se halle presente a través de una imagen o estatuilla. Finalmente, él es

quien preside la fiesta y a quien se le rinden los debidos honores. Junto a las cuecas ofrecidas, otro honor consiste en brindar con el santo, para lo cual se disponen dos vasos frente a la imagen: uno con agua y otro con vino. Cada uno de los invitados puede dirigirse al santo, brindar por su salud, beber el vino y arrojar por sobre sus espaldas el vaso de agua, imitando la forma de la lluvia. Luego de bebido y vertido cada uno de estos vasos, ambos se rellenan y se dejan listos para un próximo invitado.

Si bien son varios los caminos posibles a la hora de proceder con el análisis de estos bailes, es inicialmente claro que, más allá de San Vicente, el agua es el recurso que se juega en estas oportunidades. Finalmente, el santo cuyos favores se invocan, emerge como mediador entre una situación dramática dada por la falta de agua y la posibilidad de reparar su ausencia, mediante las lluvias.

Dado además que los Bailes de San Vicente prefiguran acciones cíclicas, repetidas anualmente y según una estructura más o menos fija, pueden ser pensados en su carácter de rituales, al menos a la luz del concepto desarrollado por Turner (1980: 21).

Por sobre estas consideraciones, este autor invita a preguntarse por los símbolos que se hacen presentes en los rituales, luego de señalar que por lo general incluyen unos que resultan dominantes junto a otros que resultan subordinados. Los símbolos dominantes se componen o descomponen en una serie de elementos, no quedando fijos a uno de ellos en forma aislada sino que pueden quedar asociados a objetos, actividades, relaciones, acontecimientos, gestos o unidades espaciales. En palabras del autor, un símbolo refiere a "...una cosa que, por general consenso, se piensa que tipifica naturalmente, o representa, o recuerda algo, ya sea por la posesión de cualidades análogas, ya por asociación de hecho o de pensamiento" (Turner, 1980:21).

Respecto del caso que aquí se analiza, además del agua —que impone la realización del ritual— en su decurso aparecen otros elementos que rodean los ruegos. La imagen del santo, que domina la escena, un determinado número de cuecas cuyanas (siempre par) y dos vasos, uno de agua y otro de vino, que se utilizan en los subsecuentes brindis que se le ofrecen al santo.

Además de esta estructura de símbolos integrados, es interesante advertir que los bailes de San Vicente se desarrollan en el marco de una temporalidad definida y que, si bien su celebración no se ata a días fijos o a fechas especiales, se liga claramente con determinadas épocas del año y, más específicamente, con la primavera y el verano. En contraposición, en otoño y en invierno, en la zona se festejan las llamadas fiestas patronales, todas ellas destinadas a otros santos y santas católicas y lideradas en su celebración por la iglesia católica. Más allá de que entre unos y otros existan algunas similitudes, como el caso de los símbolos comprometidos en ambos (el agua, análoga al agua bautismal —Contreras, 1998—; el vino, análogo a la sangre de Cristo y el hecho de que sea un santo católico el receptor de las rogativas y ofrendas) en los Bailes de San Vicente éstos se integran en una estructura diferente: con el vino se brinda, a la imagen no se le reza ni se la lleva en procesión, sino que se le dedican brindis y bailes y, finalmente, el agua se derrama imitando la lluvia.

Entre otras, si las fiestas patronales son propiciadas y presididas por la Iglesia Católica, si a ellas asiste un sacerdote y si tienen sede en las iglesias; los bailes no se hallan reconocidos ni

calendarizados por la iglesia, no asiste a ellos el sacerdote sino sólo los vecinos y se desarrollan no en Iglesias, sino en la intimidad de los puestos, en el campo, cerca de un ojo de agua y siempre a “cielo abierto”.

Sumado a que se trata de secuencias de acciones repetidas de un modo cíclico en una determinada época del año y donde emergen símbolos de distinta naturaleza, Turner (1980) sostiene que los rituales plantean, recrean y proponen resolver un drama social y que se presentan frente al riesgo de que un orden social amenace con romperse o fracturarse. En otras palabras, los rituales tienen un desencadenante dado por la posibilidad de que, por un estado de tensión, un acuerdo social entre en crisis. En este contexto, junto a otros mecanismos que podrían reparar las rupturas sociales –entre ellos los jurídicos o políticos– emergen los procesos rituales.

¿Qué drama social actualiza el San Vicente?, ¿cómo lo recrea? y, fundamentalmente, ¿qué rupturas previene?

Aparentemente, los datos de campo se orientan a señalar que el Baile de San Vicente da cuentas de un drama social que se resuelve en otro drama social, pero que en su segunda versión, deviene en contexto ritualizado.

En otras palabras, una serie de indicadores desencadenan la necesidad de llevar a cabo el baile de San Vicente, entre ellos un estado de sequía generalizado, temperaturas considerablemente elevadas, zanjas y ramblones secos, la percepción de que ya es tiempo de que llueva, el hecho de que se precipiten sucesivas muertes de animales y el riesgo de no tener pasturas en la época de invierno. Para los pobladores de las tierras no irrigadas, estos hechos son datos que les indican la necesidad de que se lleve a cabo un baile, básicamente porque estas restricciones entorpecen la producción, dificultan la vida y plantean el riesgo de que se produzcan rupturas con los vecinos.

“Este año la cosa está jodida... ya llevan 9 meses sin lluvia y el campo está muy malo... no hay pasturas... entonces empiezan los problemas porque los animales de las lagunas se empiezan a venir para acá, pero acá tampoco hay o hay poco y entonces uno tiene que decirle a los (vecinos) de Las Lagunas que vengán a buscar a sus animales porque si no... no queda para nadie y yo tengo que cuidar lo que tengo...” (Torres, trabajo de campo, entrevista con poblador de San José, 2003).

Una vez en el baile, parece emerger un nuevo drama social, aunque esta vez se trata de uno construido y pautado por las obligaciones contraídas con el santo, que por su parte se resuelven en una modalidad particular de relación que se produce entre el santo, el promesante y los invitados. Cada una de estas partes contrae obligaciones recíprocas en ese momento. El primero dar la lluvia, el segundo propiciar el encuentro ofreciendo la fiesta y asumiendo sus costos y, los restantes, dar parte de sí en pago, bajo la forma de baile. Estas obligaciones, cumplidas debidamente, presentan el potencial de reparar aquella situación dramática que desencadena el ritual y que, aparentemente estaría dada por la posibilidad de que las restricciones traigan consigo la escena de la muerte.

Pero ¿por qué los Bailes de San Vicente se desarrollan en verano?

La posibilidad de responder esta pregunta impone la necesidad de considerar que el

régimen de precipitaciones que la zona exhibe –80 a 100mm anuales– la ubica dentro del “polo hiperárido” de la provincia (UNESCO, 1977) y que si bien toda la provincia de Mendoza se ubica en la franja de tierras secas argentinas, la zona de estudio muestra un régimen de precipitaciones aún por debajo de los ya magros 200mm anuales promedio que se calculan para la región. Sumado a ello, se trata de un régimen estival, de modo que las lluvias –en su mayoría torrenciales y no siempre exentas de granizo– se concentran entre noviembre y febrero.

Por su parte, las características que asume el sistema productivo indican que para la zona es central la producción caprina, que esta actividad depende de las lluvias porque antes depende de las pasturas disponibles y que los ingresos de las unidades domésticas y con ellos, las posibilidades de las familias de cubrir sus necesidades de reproducción social, dependen nuevamente de estos factores (pasturas y lluvias). Esta situación, se registra al interior de una zona que entre diciembre y febrero registra temperaturas máximas que pueden trepar hasta los 45°C a la sombra y que ha visto menguadas al extremo sus posibilidades de captar agua superficial de los ríos existentes, dado que como antes se ha señalado, sus caudales se hallan comprometidos “aguas arriba” de la cuenca donde son aprovechados intensivamente por las zonas de oasis.

Sumado a ello, estudios previos (Torres, 2007, 2010) indican que aún en un contexto general de pobreza, los ingresos de las unidades domésticas son altos en otoño e invierno, bajos en primavera y prácticamente inexistentes en verano. Brevemente, cabe señalar que la zona registra dos pariciones anuales en el ganado caprino, una en mayo/junio y otra en noviembre/ diciembre, que la segunda parición anual es relativamente menos numerosa que la primera y que por ello, los ingresos disponibles en esta época del año son más exiguos que los existentes en invierno. Asimismo, entre mayo y junio (otoño/invierno) la actividad caprina centrada en la venta de carne se completa con la venta de abonos orgánicos a las zonas irrigadas (guano de cabra) cuyos ingresos duplican y, en algunos casos triplican, los obtenidos por la venta de cabritos. Finalmente, mientras los meses de invierno son ricos en ingresos, en los veranos sólo quedan los remanentes de los escasos ingresos habidos en noviembre y diciembre, situación que en muchas oportunidades impulsa la migración temporaria de algunos miembros de las unidades domésticas, quienes se dirigen a las zonas de oasis para participar en la cosecha de la vid.

“...enero, febrero, esos son... como nosotros decimos... los meses pobres” (Torres & Pastor, trabajo de campo, 2006).

Como se desprende de este cuadro de situación, para la economía de las unidades domésticas resulta central la cantidad de animales anuales producidos y, dentro de ellos, las cantidades que logran sobrevivir, esto básicamente porque la mayor proporción de los ingresos familiares dependen de la carne producida y del guano extraído (Torres, 2007). Por su parte, tanto el número de animales producidos a lo largo del año como el número de sobrevivientes que cada puesto puede asegurar dependen, entre otras cosas, de las pasturas disponibles porque serán éstas las que, en definitiva, permitirán que los rodeos se reproduzcan, amamenten y sobrevivan. Más allá de que las lluvias, San Vicente y los bailes mismos puedan presentar una dimensión simbólica que los liga a sentidos particulares y que desde ya impone la necesidad de

profundizar su estudio, cabe considerar que las lluvias emergen como una variable natural de tipo independiente, de la que literalmente depende la suerte de los pobladores del “desierto”. Sin lluvias, con aguas superficiales que se consumen en la cuenca alta del río, con disputas con las zonas irrigadas por los cursos de agua que quedan presas del lenguaje de los expertos y con aguas subterráneas de baja calidad y altamente contaminadas (salinas y con altas concentraciones de arsénico) la vida en el “desierto” es insostenible, de modo que la realización de estos bailes parecen constituirse en un intento por controlar, en la esfera mágica, hechos naturales y rendimientos productivos.

Abrevando datos en esta dirección, es de notar que los pobladores no desarrollan un San Vicente en septiembre, sino principalmente en enero, es decir cuando es previsible que la lluvia llegue y que San Vicente cumpla.

“... los San Vicente se hacen en enero más que nada, a veces en diciembre y en febrero también, capaz que en marzo, pero menos... después ya no, porque si cae agua después y antes no cayó, ya es mejor que no caiga porque pudre la algarroba y entonces sin pasturas nos quedamos también sin algarroba... que en todo caso de eso viven los animales...”

Pregunta: ... ¿por qué no hacen el San Vicente en octubre o en noviembre, por ejemplo... cómo para que llueva antes?

Poblador: y la verdad que tiene razón... si lo hiciéramos en octubre y lloviera antes, no se morirían animales... es cierto” (Torres, trabajo de campo, entrevista con poblador de Asunción, 2004).

En el fragmento de entrevista anterior, el poblador acepta que un ritual anticipado podría prevenir las sequías. Sin embargo, es en principio comprensible que estos rituales no se desarrollen con anterioridad porque la probabilidad de que en un régimen estival, llueva en primavera, es verdaderamente menor comparado con los meses de verano. Así, si un San Vicente en octubre podría ser “preventivo”, sería básicamente inefectivo, de modo que si bien la magia puede ser mágica, no se aparta del conocimiento que los pobladores tienen de su medio ambiente. En todo caso, los bailes se realizan en una época en la que el santo puede atender las rogativas, con lo cual no se termina de romper esa relación sagrada que con él se mantiene.

Por otra parte, hay otra característica de las lluvias de la zona que aparentemente se asocian al San Vicente y, en particular, con las dimensiones de reparación social que se adosan a los rituales descritos por Turner.

Si bien en la zona las lluvias son estivales, son también sumamente irregulares de modo que puede ocurrir que en una época llueva en el norte, no lo haga en el centro y vuelva a hacerlo hacia el sur.

Aunque esta situación podría impresionar como irrelevante, estudios previos indican que otra de las características que asume la actividad pecuaria en la zona está dada por la inexistencia de alambrados que parcelen los campos y por la tajante —e informal— prohibición de colocarlos. Como consecuencia, los animales deambulan por los campos en busca de pasturas y aguadas y recorren distancias que muchas veces los llevan más allá de los límites del propio distrito. El caso contrario, es decir la existencia de alambrados y límites al pastoreo,

en campos degradados y con cíclicas limitaciones en la oferta forrajera con seguridad aumentaría los riesgos de las unidades de producción, dado que en algunas épocas del año podría incrementar el número de muertes en los animales de algunas zonas, jaqueando las posibilidades de reproducción de los grupos domésticos.

Si bien la inexistencia de alambrados disminuye los riesgos de muerte en los animales y se constituye en un reaseguro para los grupos domésticos de alcanzar su propia reproducción social, no significa sin embargo un definitivo fin a las fricciones entre los vecinos. Antes se transcribió un fragmento de entrevista donde un poblador admitía que, en casos de escasez extrema, no quedaban más opciones que pedir a los vecinos de zonas más alejadas que retiraran sus animales. En otras palabras, en campos degradados y afectados por sobrecarga animal, aún las épocas de abundancia relativa, son de escasez en términos absolutos.

Es entonces cuando aparentemente surge la sensación de crisis, la sensación de inminente ruptura del lazo social, ruptura que entonces es reparada en el contexto del drama social que se actualiza en oportunidad del Baile de San Vicente. La posibilidad de tener conflictos con los vecinos, si bien puede no significar riesgo de ruptura en las zonas de oasis o en las zonas urbanas, en el desierto atenta contra la posibilidad de contar con ayuda en caso de necesidad, todo esto en una zona que supone pocos y distanciados vecinos.

Para terminar, una observación completa el cuadro que se viene relatando. A lo largo del trabajo de campo se ha tenido oportunidad de notar que no es cualquier vecino el que realiza un San Vicente, sino aquel que más posesiones tiene y el que, consiguientemente, más puede perder y más debe compartir.

“... el baile lo hacen siempre los que más tienen... porque son los que lo pueden perder... si yo no tengo nada que perder, para que voy a hacer un San Vicente... en cambio, el que tiene animales, tiene vacas, cabras... que se yo... ese si tiene que perder y es el que invita” (Torres, trabajo de campo, entrevista a poblador de Asunción, 2004).

Probablemente, esta dinámica se explica por la necesidad de redistribuir las riquezas y de evitar, también por esta vía, una agudización de los conflictos, abriendo por otro lado la posibilidad de incrementar, al unísono, los capitales y prestigios sociales de algunos pobladores. En otras palabras, los San Vicente parecen ser oportunidades para donar (Godelier, 1998), pero no sólo al santo, sino fundamentalmente a los vecinos invitados, quienes entonces quedan ligados al promesante por compromisos que van más allá en el tiempo y que calan más hondo en las tramas sociales.

Es indudable que sumados a los costados más mágicos que impone el San Vicente, contornos aún misteriosos que seguramente deben ser descriptos y analizados con mayor profundidad y detenimiento, a él se adosan una serie de significados eminentemente económicos que amplían su contexto de análisis y, en ausencia de los cuales, no parece captarse el fenómeno en toda la complejidad que expone.

Estos bailes-rituales reparadores se accionan ante la amenaza de fractura de los lazos sociales y dan argumentos que mitigan la angustia de la espera: el alivio pronto llegará, no sólo porque lloverá sino también porque en el presente se ha donado y redistribuido.

## CONSIDERACIONES FINALES

Sin pretender agotar el tema que aquí ha comenzado a analizarse, vale realizar al menos dos consideraciones. En primer lugar, emerge de los datos de campo que el espacio de identidad que el concepto de etnoterritorio lleva implícito, en el caso analizado se vehiculiza a través del aprovisionamiento y manejo del agua, entre otros elementos y entre otras expresiones de la vida social. De acuerdo a las narrativas que los pobladores de la zona tejen a propósito de “su cultura” el agua funciona como un marcador de especificidad y, al mismo tiempo, sirve a los fines de dibujar y (re)dibujar de continuo las fronteras nosotros/otros.

Sumado a ello, los datos emergentes también se orientan a señalar que el aprovisionamiento y uso del agua se compone de dos dimensiones. Una material, ligada a los sistemas de aprovisionamiento del recurso y otra simbólica, integrada por el conjunto de prácticas sociales que a los pobladores les permiten ejercer algún grado de control sobre los fenómenos naturales. Si de un lado, los dispositivos materiales presentes a escala del puesto permiten efectuar el manejo del recurso y sientan las bases materiales para su optimización, en la presencia de lluvias se ponen en juego otros elementos, entre los cuales la magia adquiere un lugar de jerarquía. De este modo, dispositivos y tecnologías de un lado y, rituales, promesas y bailes por otro, conforman una totalidad compleja, material e ideativa, que a los pobladores les permite mantener toda la independencia que les es posible de las voluntades políticas de los oasis, con quienes se han mantenido históricas relaciones de subordinación. Por su parte, si de un lado los bailes a San Vicente ofrecen promesas y esperan correspondencias en lluvia, sirven al mismo tiempo para prevenir la aparición de los conflictos sociales, todo esto al interior de un espacio en el que las bajas densidades poblacionales determinan que los vecinos –igual que el agua– no abunden. En este contexto, si se comprende el valor que las relaciones sociales tienen por ejemplo en los medios urbanos, cabe pensar que en medios tan adversos para la vida humana como los aquí analizados, estas relaciones resultan –además de importantes– vitales. Finalmente, es a los vecinos a quienes se acude frente a las adversidades, de modo que no parece contar como opción que se produzcan disputas en la competencia por los recursos. Al mismo tiempo, no son unas pocas sino todas, las unidades domésticas que dependen de las lluvias y pasturas para sobrevivir. De este modo, si en la esfera mágica el baile tiene el poder de independizar a los pobladores de las voluntades políticas de los oasis, en su reverso y hacia adentro del “desierto”, socorre e iguala a todos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, E. M. & M. del R. Prieto. 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el NE árido mendocino. *Cuad. del CEIFAR* (8): 107 – 139, Mendoza.
- Chiavazza, H., L. Puebla, L. Fiori, C. Ortega & F. Hernández. 2002. Perspectiva arqueológica territorial; relaciones ciudad- desierto desde el estudio de los medanales en Lavalle: el caso San José. *Arqueología Histórica Argentina. Actas del 1º Congreso Nacional de Arqueología Histórica*, Ediciones Corregidor, Buenos Aires.
- Comas D'Argemir, D. 1998. Antropología Económica. Ariel, Barcelona.
- Contreras Gallego, M. 1998. La eficacia simbólica del agua en el ritual cristiano del bautismo: un enfoque antropológico. *Gazeta de Antropología* 14 (texto14-08).
- Godelier, M. 1998. El Enigma del Don. Barcelona, PAIDÓS, Buenos Aires, México.
- INDEC, 2001. Censo Nacional de Población y Vivienda. Argentina, Dirección Nacional de Estadísticas y Censos, Mendoza, Argentina.
- Karlim U., T. Nussbaumer, D. Tomasini & N. Urquiza. 1998. Conocimientos y tecnologías tradicionales en el marco de la Convención de Lucha contra la Desertificación. América del Sur, Centroamérica y el Caribe, Secretaría de Medio Ambiente, Argentina.
- Molina, R. 1995. Reconstrucción de los etno-territorios, Instituto de Estudios Indígenas, Chile.
- Montaña, E., L. Torres, E. M. Abraham, E. Torres & G. Pastor. 2005. Los espacios invisibles. Subordinación, marginalidad y exclusión de los territorios no irrigados en las tierras secas de Mendoza, Argentina. *Región y Sociedad*, Vol. XVII: 32, México.
- Montaña, E., L. Torres & G. Pastor. 2009. La Cuenca del Río Mendoza. En Cirelli, A; Holzapfel, E.; del Callejo, I. y Billib, M. (Eds.) *Manejo Sostenible del Agua para riego en Sudamérica*, KASWARM, Buenos Aires.
- Oxman, C. 1998. La entrevista de investigación en ciencias sociales, EUDEBA, Buenos Aires.
- Pastor, G. 2000. Vivienda vernácula del noroeste argentino: el caso de la vivienda rural de Tucumán. *Gazeta de Antropología* 16: 16-25, España.
- Pastor, G., E. M. Abraham & L. Torres. 2005. Desarrollo Local en el desierto de Lavalle: Estrategia para pequeños productores caprinos. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 54: 131-149, Colombia.
- Prieto, M. del R. & E. M. Abraham. 1998. Historia ambiental del sur de Mendoza, Siglos XVI al XIX: los factores críticos de un Proceso de Desertificación. *Bamberger Geographics Schriften* 15: 277-97.
- Prieto, M. del R. & E. M. Abraham. 2000. Caminos y Comercio como factores de cambio ambiental en las planicies áridas del Mendoza (Argentina) entre los siglos XVIII y XIX. *Revista Theomai* 002, Buenos Aires.
- Prieto, M. del R. & E. M. Abraham. 1993-1994. Proceso de ocupación del espacio y uso de los recursos en la vertiente nororiental de los Andes Centrales Argentino-Chilenos. *Cuadernos Geográficos* 22-23: 219:238, Universidad de Granada, España.
- Torres, L. M. 2007. Los productores caprinos del noreste de Mendoza ¿irracionalidad económica o racionalidades en competencia?, Terceras Jornadas de la Asociación Argentino

Uruguay de Economía Política, ASAUUE, Argentina.

**Torres, L., E. Montaña, E. M. Abraham, E. Torres & G. Pastor. 2005.** La Utilización de Indicadores Socio-Económicos en el Estudio y la Lucha contra la Desertificación: Acuerdos, Discrepancias y Problemas Conceptuales Subyacentes, *Revista Estudios Interdisciplinarios de América Latina y el Caribe* 16 (2): 111-133, Tel Aviv, Israel.

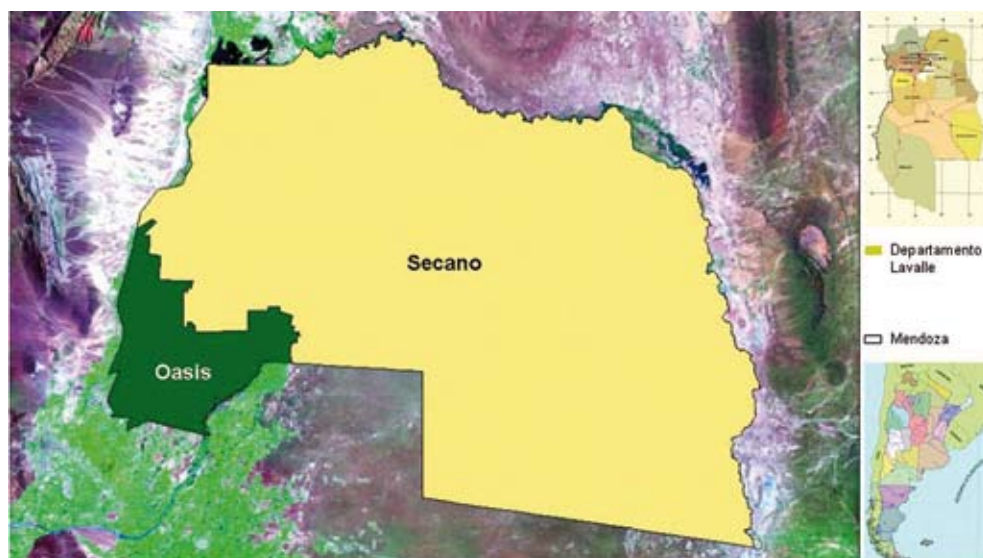
**Torres, L. M. 2010.** Claroscuros del desarrollo sustentable y la lucha contra la desertificación: las racionalidades económicas en el ojo de la tormenta. Estudio de caso con productores caprinos de tierras secas (Mendoza, Argentina), *Mundo Agrario* Vol. 11, N° 21.

**Turner V. 1980.** La Selva de los Símbolos. Siglo XXI, Madrid.

**UNESCO, 1977.** Repartition Mondiale des Regions Arides, Centre National de la Recherche Sceintifique, Paris.

**Valles, M. 2000.** Técnicas Cualitativas de Investigación Social, Síntesis, España.

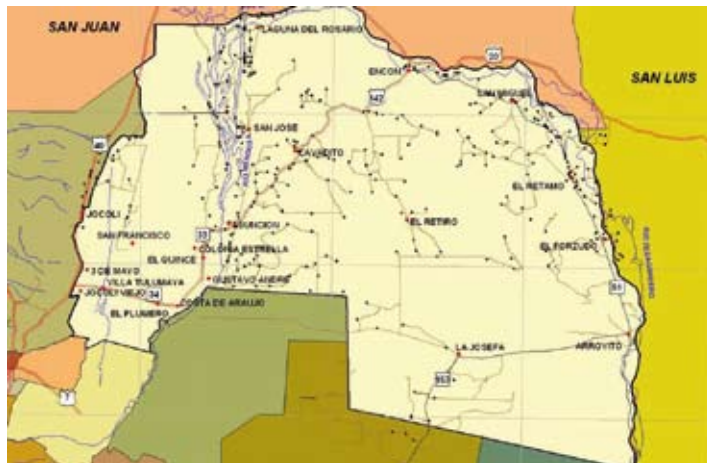
**Wolf, E. 2005.** Europa y la Gente Sin Historia, FCE, México.



**Figura 1.** Área no irrigada del Departamento de Lavalle, Mendoza. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT, 2007)



**Figura 2.** Vegetación. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 3.** Localización de los caseríos. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 4.** Los puestos. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 5.** Ramblones. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 6.** Pozos balde. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 7.** Pozo Jagüel. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 8.** Bebederos. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 9.** Dispositivos de almacenamiento. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 10.** Dispositivos sanitarios. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)



**Figura 11.** San Vicente. Ermita de San Vicente en el desierto. (Fuente: SIG-DESERT LaDyOT)

# Termoclima y humedad en el sur del Perú. Bioclimatología y bioindicadores en el departamento de Arequipa

ANTONIO GALÁN DE MERA<sup>1\*</sup>, ELIANA LINARES PEREA<sup>2</sup>, CARLOS TRUJILLO VERA<sup>3</sup>, FRANCISCO VILLASANTE BENAVIDES<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad San Pablo-CEU, Madrid, España.

<sup>(2)</sup>Estudios Fitogeográficos del Perú, Herbario AQP, Arequipa, Perú.

<sup>(3)</sup>Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

\*Email: agalmer@ceu.es

## RESUMEN

En el presente trabajo damos a conocer bioindicadores de flora y vegetación (asociaciones fitosociológicas) que detectan cinturas de vegetación en base al modelo de los pisos bioclimáticos en el departamento de Arequipa (Perú). En este territorio podemos distinguir cinco pisos bioclimáticos (termotropical, mesotropical, supratropical, orotropical y criorotropical) y seis intervalos de humedad (ultrahiperárido, hiperárido, árido, semiárido, seco, subhúmedo y húmedo).

Palabras clave: Arequipa, bioindicadores, flora, pisos bioclimáticos, vegetación.

## ABSTRACT

*In this work, we present the flora and vegetation (phytosociological associations) bioindicators that detect vegetation spaces in base to the bioclimatic belts model in the Arequipa department (Perú). In this territory, we can distinguish 5 bioclimatic belts (thermotropical, mesotropical, supratropical, orotropical and cryorotropical) and 6 humidity intervals (ultrahyperarid, hyperarid, arid, semiarid, dry, subhumid and humid).*

*Key words: Arequipa, bioclimatic belts, bioindicators, flora, vegetation.*

Aunque en la mayoría de estudios sobre vegetación del Perú continúa usándose el método de Holdridge (1960), a pesar de sus limitaciones al establecer un paralelismo entre clima y vegetación, existen numerosas aportaciones bioclimáticas que incluyen su territorio aportando una síntesis entre el clima y la vegetación (Koeppcke, 1961; Hueck & Seibert, 1981; Walter, 1997).

Sin embargo, es el método de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez, 1987; Rivas-Martínez *et al.*, 1999; Rivas-Martínez, 2009) el que permite un paralelismo más preciso entre clima y vegetación lo que hace que cada vez sea más empleado en el mundo [Rivas-Martínez *et al.*, 1999; Izco, 2004; Luebert & Gajardo, 2005 (Chile); Luebert & Pliscoff, 2006 (Chile); Navarro &

Maldonado, 2005 (Bolivia); Galán de Mera, 2007 (Venezuela); Peinado Lorca *et al.*, 2009 (América del Norte)]. En el Perú es donde primero fue ensayado al comienzo del estudio fitosociológico de la vegetación de América del Sur (Rivas-Martínez & Tovar, 1982; Rivas-Martínez *et al.*, 1988; Tovar, 1990; Tovar, 2002) aunque ha sido poco difundido y empleado por las universidades peruanas y centros de investigación, a pesar de las numerosas publicaciones que se han sucedido desde los años ochenta (Galán de Mera *et al.*, 2002, 2003, 2004, 2009; Kuentz *et al.*, 2007; Galán de Mera & Linares Perea, 2008; Véliz Rosas *et al.*, 2008) y de los cursos de postgrado ofrecidos en las universidades peruanas de San Marcos y San Agustín (Galán de Mera, 2009).

En el presente trabajo damos a conocer los pisos bioclimáticos del departamento de Arequipa utilizando, además de valores climáticos, bioindicadores de flora y vegetación que permiten una mejor interpretación de la metodología. Las asociaciones de vegetación que se indican en el trabajo responden al método fitosociológico de Braun-Blanquet (1983), y la última aproximación para el sur del Perú es la de Galán de Mera *et al.* (2009).

## LOS PISOS BIOCLIMÁTICOS

Los pisos bioclimáticos se basan en el índice de termicidad ( $I_t$ ) que es coincidente con cinturanas altitudinales y latitudinales de flora y vegetación, que se identifican como bioindicadores:

$$I_t = (T + M + m) / 10$$

[T: temperatura media anual (°C), M: temperatura media de las máximas del mes más frío (°C), m: temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)]

Según la última aproximación que realizamos para el Perú (Kuentz *et al.*, 2007), podemos distinguir 6 pisos bioclimáticos (con asterisco los presentes en el departamento de Arequipa) tropicales [infratropical ( $I_t > 610$ ), termotropical ( $I_t = 610-471$ )\*, mesotropical ( $I_t = 470-311$ )\*, supratropical ( $I_t = 310-171$ )\*, orotropical ( $I_t = 170-50$ )\* y criotropical ( $I_t < 50$ )\*] matizados por diferentes tipos de intervalos de humedad u ombroclimas (mm) (con asterisco los presentes en el departamento de Arequipa) [ultrahiperárido ( $P < 5$ )\*, hiperárido ( $P = 5-30$ )\*, árido ( $P = 30-100$ )\*, semiárido ( $P = 100-300$ )\*, seco ( $P = 300-500$ )\*, subhúmedo ( $P = 500-900$ )\*, húmedo ( $P = 900-1500$ )\*, hiperhúmedo ( $P = 1500-2500$ ) y ultrahiperhúmedo ( $P > 2500$ )]. Esto quiere decir que, por ejemplo, el piso termotropical lo encontramos muy árido al occidente de los Andes, pero muy húmedo al oriente.

En el Cuadro 1 se representan las estaciones meteorológicas del departamento de Arequipa (datos del SENAMHI- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú; Rivas-Martínez, 2009) con su diagnosis bioclimática. Además, reconocemos cada piso de vegetación del departamento de Arequipa por la presencia de determinadas especies y asociaciones bioindicatoras (Cuadro 2) que, por otro lado, son coincidentes en gran parte con la nomenclatura paisajística prehispánica (lenguas runa shimi y aymara) donde cada piso incluye un

uso tradicional (Pulgar Vidal, 1996); algunos lugares donde están presentes las asociaciones citadas también aparecen reflejados en el cuadro.

Los mapas de la Figuras 1 y 2 resultan de cartografiar los pisos bioclimáticos y los ombroclimas del territorio estudiado.

El piso termotropical hiperárido costero presenta un marcado carácter mediterráneo debido al régimen extratropical de precipitaciones con máximos entre julio y septiembre, acompañado de un descenso de las temperaturas causado por la influencia de la corriente marítima de Humboldt (Galán de Mera & Vicente Orellana, 2007). Aunque las estaciones meteorológicas de la costa del centro y sur del Perú indican un bioclima termotropical hiperárido o ultrahiperárido (Rivas-Martínez *et al.*, 1988), hay lugares de la costa de Arequipa, donde por precipitación de las nieblas causadas por la corriente de Humboldt, podemos alcanzar un ombroclima árido (Atico, Cachendo) con la presencia de comunidades de *Neoraimondia arequipensis*, e incluso seco (Atiquipa), donde podemos observar los bosques de *Caesalpinia spinosa* y *Myrcianthes ferreyrae*.

En los pisos termo- y mesotropical encontramos cultivos de regadío con una mezcla de plantas que entraron especialmente en la época colonial y otras procedentes de la agricultura incaica (Popenoe *et al.*, 1989) [*Capsicum pubescens* ("rocoto"), *Carica pubescens* ("papaya arequipeña"), *Medicago sativa* ("alfalfa"), *Persea americana* ("palto"), *Phaseolus vulgaris* ("poroto"), *Solanum phureja* ("papa phureja"), etc.], y se cultivan en la costa y en la campiña arequipeña mesotropical, regada por los ríos Chili y Huasamayo. De los pisos supratropical y niveles inferiores del orotropical es característica una amplia diversidad de tubérculos [*Oxalis tuberosa* ("oca"), *Solanum ahanhuii* ("papa de chuño"), *Tropaeolum tuberosum* ("mashua"), *Ullucus tuberosus* ("ullucu"), etc.] y frutos de Amarantáceas y Quenopodiáceas [*Amaranthus caudatus* ("kiwicha"), *Chenopodium pallidicaule* ("kañiwa"), *Chenopodium quinoa* ("quinoa")].

## PISOS BIOCLIMÁTICOS, FITOGEOGRAFÍA Y PAISAJE

En el departamento de Arequipa, dentro de la provincia biogeográfica Oruro-Arequipeña, podemos distinguir sectores fitogeográficos o comarcas naturales basados en la geomorfología, ciertas variantes de la vegetación, los pisos bioclimáticos e incluso el uso antrópico del territorio, como componentes fundamentales del paisaje. De O a E podemos distinguir los siguientes sectores (Figura 3):

### - Sector Arequipeño (piso termotropical)

Incluye el desierto que se extiende entre los departamentos de Ica y Moquegua, muy rico en endemismos de lomas (Bruns, 1929; Ferreyra, 1953; Müller, 1985; Dillon *et al.*, 2007): *Echinopsis chalaensis*, *Myrcianthes ferreyrae*, *Neoporteria islayensis*, *Nolana arequipensis*, *N. chancoana*, *N. pallidula*, *N. spathulata*, *Palaua weberbaueri*, *Senecio mollendoensis*, *Weberbauerella brongniartiioides*, *W. raimondiana*.

Estos endemismos forman parte de diversas asociaciones entre las que podemos destacar los bosques de *Caesalpinio spinosae-Myrcianthetum ferreyrae* y la vegetación efímera de lomas de las asociaciones *Nolano spathulatae-Palauetum dissectae* y *Hoffmannseggio mirandae-Palauetum weberbaueri*.

- **Sector de Caravelí (pisos termo-orotropical)**

Es el territorio que se extiende desde el valle del Cotahuasi hacia el oeste, originado por las coladas volcánicas de los cerros Puca Ccasa (4714 m) y Achataynua (4580 m), que forman grandes planicies escalonadas hasta la barrera interdesértica (Samamé Boggio, 1980). Así como los cultivos son muy escasos en los pisos supra- y orotropical, los pastizales mesotropicales de *Bouteloua simplex* y *Aristida adscensionis* son muy abundantes, habiendo sido utilizados desde época preincaica (Dollfus, 1981).

En cuanto a la flora hay que destacar la presencia disyunta de *Puya weddelliana* respecto a las poblaciones bolivianas.

- **Sector del valle del Cotahuasi (pisos termo-criorotropical)**

Comprende el cañón del Cotahuasi, desde el cerro Capascocha y las poblaciones de Ajojollo y Ausalla hasta la salida del río Cotahuasi en Puglle. Es un valle que se caracteriza por la escasez de cultivos. En el piso mesotropical semiárido encontramos comunidades de *Corryocactus brevistylus* con *Croton ruizianus* y *Carica augusti*, que definen la subasociación *Weberbauerocereo rauhii-Corryocactetum brevistyli crotone-tosum ruiziani*. En las proximidades de Chulca y Huacptapa son muy abundantes los titancales de la asociación *Baccharido tricuneatae-Puyetum raimondii*, que son los territorios de ombroclima subhúmedo de la cabecera del valle.

- **Sector Tintaya-Caylloma (pisos oro-criorotropical)**

Es el territorio que está situado más al E del departamento de Arequipa, donde se inicia la puna húmeda de la provincia Ancashino-Paceña. Al N del sector destaca un gran complejo de nevados (Huachuhunca-5315 m, Huajrahuire-5438 m, Pabellón-5162 m, Pumpujasa-5169 m, Tintaya-5230 m), y el resto presenta una gran cantidad de bofedales y planicies muy ricas en las diferentes especies de *Pycnophyllum* (*P. filiforme*, *P. glomeratum*, *P. molle*, *P. weberbaueri*), dedicadas a la ganadería con ovejas y alpacas.

- **Sector del volcán Coropuna (pisos termo-criorotropical)**

Comprende la región formada por las coladas volcánicas del volcán Coropuna, donde dominan las planicies de vegetación orotropical de la asociación *Parastrephio lucidae-Festucetum orthophyllae*, con un uso fundamentalmente ganadero con camélidos andinos. El piso criorotropical está muy extendido con suelos crioturbados que albergan vegetación de la asociación *Nototricho obcuneatae-Xenophylletum poposi*.

- **Sector del valle de los Volcanes (pisos supra-orotropical)**

Es el valle que forman los cerros de Alco Alco, Amayani y Pampacolca, hasta el valle de los Volcanes y Pampa de Ayo. La vegetación es supra-orotropical, y se caracteriza por ser una zona donde predominan pequeños conos volcánicos pleistocénicos

sobre formaciones sedimentarias estratificadas. En la vegetación destacamos a los pajonales subhúmedos con *Festuca dolichophylla*.

- **Sector del valle del Colca (pisos termo-criorotropical)**

Es el cañón comprendido entre los nevados de Colluncuya, Mismi y Huillcayo, y el Hualca-Hualca, hasta los alrededores de la población de Lucheá, donde comienza el sector Arequipeño de la provincia fitogeográfica Limeño-Ariqueña (Desierto Pacífico). El río Colca desciende a través de un valle muy rico en cultivos andinos que se extienden desde el piso termotropical al supratropical. Desde el punto de vista de la vegetación destacamos las arbustadas mesotropicales de *Armatocereus riomajensis* y *Euphorbia apurimacensis* (*Armatocereus riomajensis-Euphorbietum apurimacensis*) y las comunidades de los roquedos del cañón presididas por *Puya densiflora* (*Polyachyro sphaerocephali-Puyetum densiflorae*).

- **Sector Lluta-Sabancaya (pisos termo-criorotropical)**

Comprende las vertientes sudoeste de los nevados Sabancaya y Ampato, más áridas, y donde la vegetación supratropical del *Grindelia bergii-Corryocactetum puquiensis* es sustituida con una extensión mayor por el *Diplostephio tacorensis-Parastrephietum lepidophyllae*. Además la divisoria de aguas que marcan el Hualca-Hualca, Sabancaya y Ampato forman el límite entre las asociaciones *Diplostephio tovarii-Festucetum orthophyllae* –orotropical interandina– y la orotropical occidental *Parastrephio lucidae-Festucetum orthophyllae*. En los alrededores de Huanca y Lluta podemos encontrar grandes extensiones de la asociación mesotropical *Weberbauerocereus rauhii-Corryocactetum brevistylis*, que va a ser sustituidas por debajo de Huacán y del cerro Totorayoc por las comunidades termotropicales de *Weberbauerocereus rauhii-Browningietum candellaris*. En la vegetación ribereña termo-mesotropical, comparte con el sector del valle del Colca el endemismo *Tecoma fulva* subsp. *tanaceiiflora*, característica de la asociación *Schino mollis-Tecometum tanaceiiflorae*.

- **Sector Misti-Chachani (pisos termo-criorotropical)**

Las planicies y quebradas formadas por las erupciones volcánicas del Misti, Chachani y Pichu-Pichu constituyen el territorio de este sector, que guarda una gran originalidad al encerrar cambios importantes en la vegetación respecto al sector anterior. En el piso mesotropical *Weberbauerocereus rauhii-Corryocactetum brevistylis* va a ser sustituida por *Weberbauerocereus weberbaueri-Corryocactetum brevistylis*, y en el termotropical –a la altura de Uchumayo– por *Weberbauerocereus weberbaueri-Browningietum candellaris*. Desde la divisoria de aguas que marcan el Cerro Tacra y el Nevado Arranto hacia el sur, la vegetación ribereña termo- y mesotropical está presidida por el endemismo *Tecoma fulva* subsp. *arequipensis* (*Schino mollis-Tecometum arequipensis*), que alcanza también la cuenca del río Tambo en el departamento de Moquegua.

En Yarabamba, al sudoeste de la ciudad de Arequipa, los suelos arcillosos dan lugar a pequeñas áreas, con vegetación muy degradada, donde se hace llamativa la presencia de *Prosopis pallida*.

- **Sector Huarancante-Imata (pisos oro-criorotropical)**

Es el sector más oriental y frío del departamento con predominio del piso bioclimático orotropical, e incluso criorotropical, como se recoge en la estación meteorológica de Imata.

Casi todo el sector es una planicie constituida por la asociación *Parastrephio lucidae-Festucetum orthophyllae*, donde podemos destacar lagunas temporales con aguas salobres y la vegetación de los suelos crioturbados (*Belloo piptolepis-Dissanthelietum calycini*). Naturalmente el territorio está dedicado a la ganadería, en especial a la protección de vicuñas.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo tuvo el apoyo de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado de España (2008) y de la Cátedra de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Universidad San Pablo-CEU-Banco de Santander (2008 y 2009).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braun-Blanquet, J. 1983.** Plant sociology. The study of plant communities. Koeltz Scientific Books. Koenigstein.
- Bruns, F. 1929.** Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des peruanischen Küstengebietes. Hamburg.
- Dillon, M.O., S. Leiva González & V. Quipuscoa Silvestre. 2007.** Five new species of *Nolana* (Solanaceae-Nolaneae) from Peru and notes on the classification of additional taxa. *Arnaldoa* 14: 171-190.
- Dollfus, O. 1981.** El reto del espacio andino. Instituto de Estudios Peruanos. Lima.
- Ferreira, R. 1953.** Comunidades vegetales de algunas lomas costaneras del Perú. *Bol. Estac. Exp. Agríc. "La Molina"*, Bol. 53: 1-88.
- Galán de Mera, A., M.V. Rosa & C. Cáceres. 2002.** Una aproximación sintaxonómica sobre la vegetación del Perú. Clases, órdenes y alianzas. *Acta Bot. Malacitana* 27: 75-103.
- Galán de Mera, A., C. Cáceres & A. González. 2003.** La vegetación de la alta montaña andina del sur del Perú. *Acta Bot. Malacitana* 28: 121-147.
- Galán de Mera, A., S. Baldeón, H. Beltrán, M. Benavente & J. Gómez. 2004.** Datos sobre la vegetación del centro del Perú. *Acta Bot. Malacitana* 29: 89-115.
- Galán de Mera, A. 2007.** Flora y vegetación de la Estación Biológica El Frío (Llanos Occidentales del Orinoco, Apure, Venezuela). Publicaciones de la Asociación Amigos del Coto de Doñana. Sevilla.
- Galán de Mera, A. & J.A. Vicente Orellana. 2007.** Cronosequences of vegetation- a bioclimatic theory for interpreting the patterns of relic vegetation types. *Phytocoenologia* 37: 471-494.

- Galán de Mera, A. & E. Linares Perea. 2008. Datos sobre la vegetación de los humedales de América del Sur. De las sabanas bolivianas a los Llanos del Orinoco (Venezuela). *Acta Bot. Malacitana* 33: 271-288.
- Galán de Mera, A. 2009. Perspectivas geográficas de la vegetación en el Perú. Facultad de Ciencias Histórico Sociales. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa.
- Galán de Mera, A., E. Linares Perea, J. Campos de la Cruz & J.A. Vicente Orellana. 2009. Nuevas observaciones sobre la vegetación del sur del Perú. Del Desierto Pacífico al Altiplano. *Acta Bot. Malacitana* 34: 107-144.
- Holdridge, L.R. 1960. Sistema para clasificar las formaciones del Mundo. Lima.
- Hueck, K. & P. Seibert. 1981. Vegetationskarte von Südamerika. Gustav Fischer. Stuttgart-New York.
- Izco, J. 2004. Botánica. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid y otras.
- Koepcke, H-W. 1961. Synökologische Studien an der Westseite der peruanischen Anden. Ferd. Dümmlers. Bonn.
- Kuentz, A., A. Galán de Mera, M-P. Ledru & J-C. Thouret. 2007. Phytogeographical data and modern pollen rain of the puna belt in southern Peru (Nevado Coropuna, Western Cordillera). *J. Biogeogr.* 34: 1762-1776.
- Luebert, F. & R. Gajardo. 2005. Vegetación alto andina de Parinacota (norte de Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. *Phytocoenologia* 35: 79-128.
- Luebert, F. & P. Plischoff. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.
- Müller, G.K. 1985. Zur floristischen Analyse der peruanischen Loma-Vegetation. *Flora* 176: 153-165.
- Navarro, G. & M. Maldonado. 2005. Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Fundación Simón I. Patiño. Santa Cruz.
- Peinado Lorca, M., L. Monje Arenas & J.M. Martínez Parras. 2008. Manual de Geobotánica. El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha. Cuarto Centenario. Toledo.
- Popenoe, H., S.R. King, J. León & L.S. Kalinowski. 1989. Lost Crops of the Incas. National Academy Press. Washington.
- Pulgar Vidal, J. 1996. Geografía del Perú. Peisa. Lima.
- Rivas-Martínez, S. & O. Tovar. 1982. Vegetatio Andinae, I. Datos sobre las comunidades vegetales altoandinas de los Andes Centrales del Perú. *Lazaroa* 4: 167-187.
- Rivas-Martínez, S. 1987. Memoria y mapa de las series de vegetación de España (1: 400.000). ICONA. Madrid.
- Rivas-Martínez, S., O. Tovar & A. Galán de Mera. 1988. Pisos bioclimáticos y cultivos del Perú. ICI-INP. Madrid.
- Rivas-Martínez, S., D. Sánchez-Mata & M. Costa. 1999. North American Boreal and Western temperate Forest Vegetation (Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II). *Itinera Geobot.* 12: 5-316.
- Rivas-Martínez, S. 2009. Global Bioclimatics ([www.globalbioclimatics.org](http://www.globalbioclimatics.org)).
- Samamé Boggio, M. 1980. El Perú Minero, III. Geología. Ingemmet. Lima.

- Tovar, O. 1990.** Tipos de vegetación, diversidad florística y estado de conservación de la cuenca del Mantaro. Universidad Nacional Agraria La Molina-The Rockefeller Foundation. Lima.
- Tovar, O. 2002.** Enciclopedia temática del Perú. La flora peruana. Milla Batres. Lima.
- Véliz Rosas, C., L.A. Tovar Narváez, C. Tovar Ingar, F. Regal Gaztelumendi & P. Vásquez Ruesta. 2008.** ¿Qué áreas conservar en nuestras zonas áridas? Seleccionando sitios prioritarios para la conservación en la Ecorregión Desierto de Sechura-Perú. *Zonas Áridas* 12(1): 36-59.
- Walter, H. 1997.** Zonas de vegetación y clima. Omega. Barcelona.

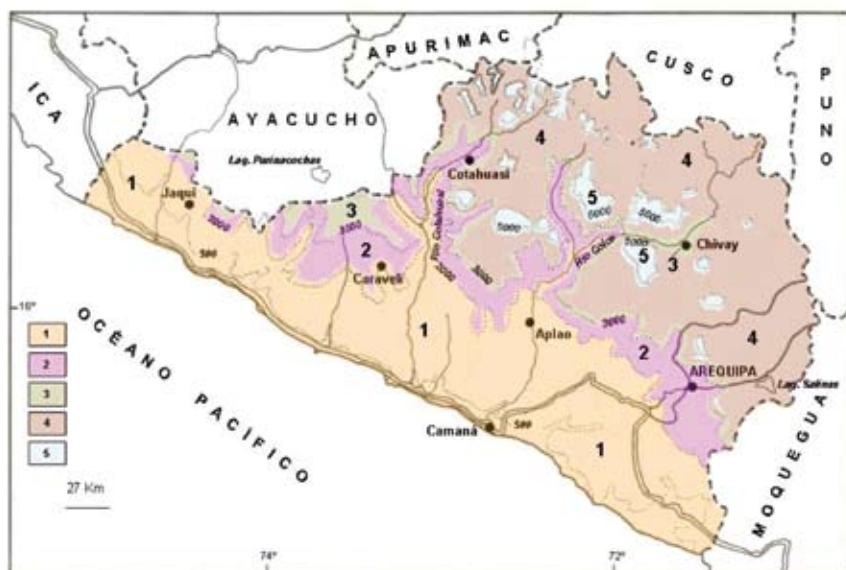
**Cuadro 1.** Variables climáticas, índices bioclimáticos y descripción bioclimática de estaciones meteorológicas del territorio estudiado, de acuerdo con la metodología de Rivas-Martínez (1999) [T: temperatura media anual (°C), M: temperatura media de las máximas del mes más frío (°C), m: temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), P: precipitación media anual (mm), It: índice de termicidad].

| Estación meteorológica                    | T    | M    | m     | P   | It  | Descripción bioclimática |
|-------------------------------------------|------|------|-------|-----|-----|--------------------------|
| Mollendo, 30 m<br>(17°02'S, 72°01'O)      | 18,7 | 17,7 | 13,8  | 17  | 502 | Termotropical hiperárido |
| Camaná, 40 m<br>(16°37'S, 72°42'O)        | 19,3 | 19,7 | 12,8  | 15  | 513 | Termotropical hiperárido |
| La Pampilla, 2350 m<br>(16°25'S, 71°31'O) | 14,9 | 22,3 | 2,5   | 68  | 397 | Mesotropical árido       |
| Cotahuasi, 2683 m<br>(15°12'S, 72°54'O)   | 15,2 | 22,0 | 6,9   | 441 | 247 | Mesotropical semiárido   |
| Pampacolca, 3000 m<br>(15°42'S, 72°34'O)  | 12,8 | 19,5 | 5,6   | 227 | 379 | Mesotropical semiárido   |
| Sibayo, 3810 m<br>(15°28'S, 71°27'O)      | 8,3  | 16,6 | -8,1  | 562 | 78  | Orotropical subhúmedo    |
| Angostura, 4155 m<br>(15°11' S, 71°39' O) | 5,6  | 13,3 | -11,1 | 659 | 78  | Orotropical subhúmedo    |
| Caylloma, 4320 m<br>(15°11'S, 71°46'O)    | 4,8  | 12,2 | -8,7  | 639 | 83  | Orotropical subhúmedo    |
| Imata, 4436 m<br>(15°50'S, 71°05'O)       | 3,2  | 11,5 | -12,5 | 569 | 22  | Criorotropical subhúmedo |

**Cuadro 2.** Descripción bioclimática del departamento de Arequipa con sus intervalos altitudinales, plantas y asociaciones bioindicadoras, localidades típicas, nombres vernáculos y usos tradicionales del suelo en cada piso bioclimático.

| Piso bioclimático y ombroclima | Intervalo altitudinal aproximado (m) | Bioindicadores (flora)                                                                                        | Bioindicadores (vegetación)                                                                                                                                                                                                      | Localidades                           | Nomenclatura indígena (lengua) | Uso tradicional                                       |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Termotropical hiperárido       | 0-1000                               | <i>Nolana spathulata</i><br><i>Palaua dissecta</i><br><i>Palaua weberbaueri</i><br><i>Tillandsia purpurea</i> | ● <i>Hoffmannseggia mirandae</i> -<br><i>Palauetum weberbaueri</i><br>● <i>Nolano spathulatae</i> -<br><i>Palauetum dissectae</i>                                                                                                | Camaná<br>Mejía                       | Chala<br>(aymara)              | Cultivos de regadío                                   |
| Termotropical ultrahiperárido  | 1000-2000                            | Desierto abiótico                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                  | Santa Rita de Sigwas                  | Yunga<br>(aymara)              | Cultivos de regadío y frutales en quebradas           |
| Termotropical árido            | 2000-2100                            | <i>Neoporteria islayensis</i><br><i>Neoraimondia arequipensis</i>                                             | ● <i>Neoporteria islayensis</i> -<br><i>Neoraimondietum arequipensis</i><br>● <i>Weberbauerocereo weberbaueri</i> -<br><i>Browningietum candelaris</i><br>● <i>Weberbauerocereo rauhi</i> -<br><i>Browningietum candelaris</i>   | Islay<br>Uchumayo<br>Huacán           | Yunga<br>(aymara)              | Cultivos de regadío y frutales en quebradas           |
| Mesotropical árido-semiárido   | 2100-3100                            | <i>Armatocereus riomajensis</i><br><i>Corryocactus aureus</i><br><i>Euphorbia apurimacensis</i>               | ● <i>Weberbauerocereo weberbaueri</i> -<br><i>Corryocactetum brevistyli</i><br>● <i>Weberbauerocereo rauhi</i> -<br><i>Corryocactetum brevistyli</i><br>● <i>Armatocereus riomajensis</i> -<br><i>Euphorbietum apurimacensis</i> | Arequipa<br>Huacán<br>Cañón del Colca | Yunga<br>(aymara)              | Cultivos de regadío y frutales en quebradas y andenes |

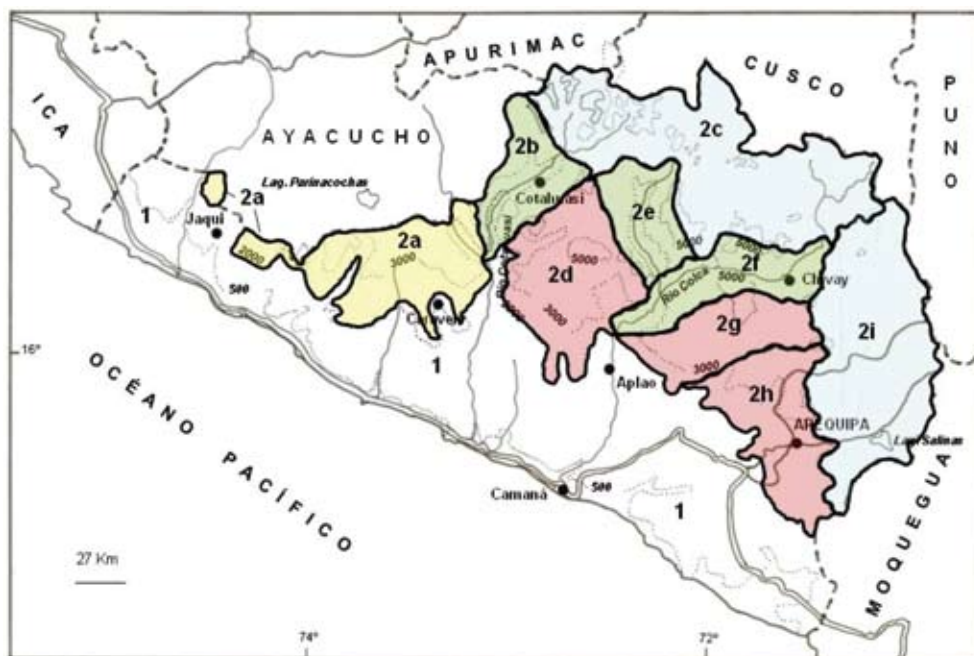
| Piso bioclimático<br>y ombroclima | Intervalo<br>altitudinal<br>aproximado<br>(m) | Bioindicadores<br>(flora)                                                                                                                                                                                   | Bioindicadores<br>(vegetación)                                                                                                                                                                                                                                    | Localidades                                   | Nomenclatura<br>indígena<br>(lengua) | Uso<br>tradicional                                                                                          |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Supratropical<br>semárido-seco    | 3100-3800                                     | <i>Cantua buxifolia</i><br><i>Diplostephium</i><br><i>tacorense</i><br><i>Kageneckia</i><br><i>lanceolata</i><br><i>Proustia</i><br><i>oblongifolia</i><br><i>Puya densiflora</i><br><i>Puya weddeliana</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Grindelio bergii</i>-<i>Coryocactetum puquiensis</i></li> <li>● <i>Diplostephio tacorensis</i>-<i>Parastrephietum lepidophyllae</i></li> <li>● <i>Polyachyro sphaerocephali</i>-<i>Puyetum densiflorae</i></li> </ul> | Colca<br>Pampa de Arrieros<br>Cañón del Colca | Quechua<br>(runa-shimi)              | Cultivo de tubérculos y cereales en andenes                                                                 |
| Orotropical<br>seco-subhúmedo     | 3800-4800                                     | <i>Festuca dolichophylla</i><br><i>Festuca orthophylla</i><br><i>Parastrephia quadrangularis</i><br><i>Puya raimondii</i>                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Diplostephio tovarii</i>-<i>Festucetum orthophyllae</i></li> <li>● <i>Parastrephio lucidae</i>-<i>Festucetum orthophyllae</i></li> <li>● <i>Chuquirago rotundifoliae</i>-<i>Polylepidetum rugulosae</i></li> </ul>    | Abra de Querque<br>Chivay<br>Querque          | Puna<br>(runa-shimi)                 | Cultivo de tubérculos y cereales en andenes y ganadería de camélidos                                        |
| Criorotropical<br>seco-húmedo     | 4800-6300                                     | <i>Mniodes coarctata</i><br><i>Nototriche obcuneata</i><br><i>Xenophyllum poposum</i><br><i>Festuca rigescens</i>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Nototriche obcuneatae</i>-<i>Xenophylletum poposi</i></li> </ul>                                                                                                                                                      | Coropuna                                      | Janca<br>(runa-shimi)                | Aprovechamiento de morrenas para construir lagunas para riego; extracción de hielo para consumo y anestesia |



**Figura 1.** Pisos bioclimáticos del departamento de Arequipa.  
1- termotropical, 2- mesotropical, 3- supratropical, 4- orotropical, 5- criotropical



**Figura 2.** Ombroclimas del departamento de Arequipa.  
1- ultrahiperárido, 2- hiperárido, 3- árido, 4- semiárido, 5- seco, 6- subhúmedo, 7- húmedo



**Figura 3.** Sectores fitogeográficos del departamento de Arequipa. 1- sector Arequipeño, 2a- sector de Cahuacho, 2b- sector del valle del Cotahuasi, 2c- sector Tintaya-Caylloma, 2d- sector del volcán Coropuna, 2e- sector del valle de los Volcanes, 2f- sector del valle del Colca, 2g- sector Lluta-Sabancaya, 2h- sector Misti-Chachani, 2i- sector Huarancante-Imata.

# Sequías recurrentes en el ecosistema mediterráneo de Baja California, México

FRANCISCO RAÚL VENEGAS CARDOSO <sup>† 1</sup>, JOSÉ LÓPEZ GARCÍA <sup>2\*</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Baja California, México.

<sup>(2)</sup> Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), DF, México.

\*Email: jlopez3mx@yahoo.com.mx

## RESUMEN

La variabilidad climática en el noroeste de Baja California, México, con un ambiente mediterráneo, parece estar asociada a eventos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) provocando que en esta región ocurran periodos de precipitaciones arriba de la media o periodos de sequía, confirmando un patrón recurrente de eventos entre ENOS y la ODP.

En esta región las cuencas hidrológicas que drenan hacia el Pacífico, son las responsables de captar y almacenar la lluvia que se presenta durante el invierno, pero debido a la presencia de la ODP, se presentan ciclos recurrentes de más menos 22 años de lluvia intensa que no alcanza a ser retenida e infiltrada, ocasionando sequías drásticas y consecuentemente fuertes problemas a la economía regional.

En este trabajo se hace un análisis de los sistemas que dan origen a la variabilidad de la precipitación para contar con criterios que permitan prever las acciones a realizar en el caso de la permanencia del patrón de la ODP y su relación con ENOS; en este sentido, se proponen estrategias de mitigación que se podrían establecer para hacer un uso más eficiente de los escasos recursos hídricos que se tendrán disponibles en la región.

Palabras clave: ambiente mediterráneo en Baja California, ciclos recurrentes sequías y precipitaciones, El Niño-Oscilación del Sur y Oscilación Decenal del Pacífico.

## ABSTRACT

*Climate variability in northwest Baja California, Mexico, with a Mediterranean atmosphere, seems to be associated with events such as El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and Pacific Decadal Oscillation (PDO) in this region cause periods occur above average rainfall or drought periods, confirming a recurring pattern of events between ENSO and the PDO.*

*In this region watersheds that drain into the Pacific, are responsible for capturing and storing rain occurs during the winter, but due to the presence of the ODP, there are recurrent cycles of plus or minus 22 years of intense rainfall fails to be retained and infiltrated, causing drastic drought causing serious problems to the regional economy. This paper provides an analysis of systems that give rise to variability in precipitation to have criteria for predicting the actions to take in the event of an enduring pattern of ODP and its relationship with ENSO in this sense, proposed*

*mitigation strategies that could be set to make more efficient use of scarce water resources will be available in the region.*

*Key words: mediterranean ambience in Baja California, recurrent droughts and precipitation cycles, El Niño-Southern Oscillation and Pacific Decadal Oscillation.*

El paisaje original en el ecosistema mediterráneo ha sido drásticamente modificado desde el Holoceno Medio debido a ciclos recurrentes de sequías y precipitaciones, así como a cambios económicos y políticos a los que han estado involucrados los pueblos que han habitado estos ambientes (Neil *et al.*, 2001; Bintliff, 2002; Dregne, 2002; MEDALUS I, 1992).

Bintliff (2002), ha estudiado la ocupación del mediterráneo utilizando métodos y técnicas de la geomorfología, como ciclos recurrentes de inundaciones y sequías, periodos de erosión y acreción de sedimentos, encontrando que estos eventos se vieron favorecidos con la expansión de la agricultura y los asentamientos humanos, los cuales podrían estar relacionados con la enorme variabilidad climática (MEDALUS I, 1992).

Esta situación también se presenta para el oeste de Norteamérica incluido el Estado de Baja California, México, presentándose ciclos recurrentes de severas sequías durante los últimos 1200 años (Cook *et al.*, 2004; Stahle *et al.*, 2007) y que en los últimos 100 años ha afectando drásticamente a la economía de toda la región noroeste de Norteamérica (Cook *et al.*, 2007).

Henderson (1964), al estudiar el ecosistema mediterráneo en el Estado de Baja California, México, en el suroeste de Norteamérica, analiza las actividades agrícolas y ganaderas que se practicaban a fines del siglo XIX y principios el siglo XX y de las condiciones que tuvieron que enfrentar los productores debido a ciclos recurrentes de sequía e inundaciones y que en la actualidad se sabe están asociados a eventos de la Oscilación Decenal del Pacífico (ODP) y El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Debido a estos ciclos recurrentes de sequías e inundaciones, en este trabajo se analizan los ciclos recurrentes de sequías e inundaciones en el ecosistema mediterráneo del Estado de Baja California, sus consecuencias en la economía regional y se propone acciones para mitigar en lo posible los efectos ocasionados por la Oscilación Decenal del Pacífico y su relación con el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica

El área de estudio se localiza en el Valle de Ojos Negros, en el noroeste del Estado de Baja California, México, con un ecosistema mediterráneo único en México. Sus coordenadas geográficas son: 31° 52' a 31° 57' de Latitud Norte y 116° 12' a 116° 19' de Longitud Oeste (Figura 1).

Presenta un clima semiárido, tipo mediterráneo, régimen de lluvias de invierno y verano seco, oscilación térmica extrema. La clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981), es BSh(s)(e'), temperatura media anual 18,7°C con máximas y mínimas

extremas de 52,8°C y -14°C, precipitación media anual 253 mm, y evapotranspiración potencial de 600 mm.

Para el análisis de la variabilidad climática y meteorológica, primero se hizo una revisión bibliográfica para hacer una síntesis de los eventos que conforman el clima regional, así como la base a los datos de las estaciones meteorológicas administradas por la Comisión Nacional del Agua, haciendo énfasis en la gran variabilidad climática que existe en la región noroeste y su relación con los fenómenos meteorológicos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decenal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés).

### **Clima tipo mediterráneo en Baja California**

La circulación de los vientos en la región explica en lo general el comportamiento de variables meteorológicas como las temperaturas y precipitación que se presentan en la región noroeste del Estado de Baja California.

La presencia de una celda subtropical de alta presión semipermanente, conocida como Celda Hawaiana (Orme & Orme, 1998), que se localiza entre los 25° y 40° Latitud Norte, provoca que los vientos sean secos y calientes, ocasionando cielos mayormente despejados, escasa precipitación, generando climas áridos o semiáridos. Este sistema, aunado a la alta tasa de radiación solar en el verano, ocasiona que en la costa oeste de Baja California y en valles interiores las temperaturas puedan alcanzar los 40°C.

Por el contrario en el invierno, esta celda de alta presión se contrae y se debilita, permitiendo que sistemas frontales penetren a la región. Estos vientos son fríos y húmedos, provenientes del Golfo de Alaska y oeste de Norteamérica, provocando intensas precipitaciones con un comportamiento y variabilidad espacial muy errática.

Asimismo, las temperaturas disminuyen sensiblemente, provocando nevadas en el barlovento en las dos únicas sierras con altitudes mayores a los 2000 msnm, Sierra de Juárez y San Pedro Mártir; en algunas ocasiones, estas nevadas pueden presentarse en el sotavento de dichas sierras en altitudes inferiores a los 1000 m.

Miranda (1987) hace referencia a otro importante aporte de precipitación, el cual es influenciado por sistemas ciclónicos provenientes de latitudes más bajas, del sur de la región intertropical, los cuales vienen cargados de humedad y temperaturas más cálidas. Este tipo de evento se presenta principalmente en verano, aunque también se pueden presentar en invierno, asociado a la presencia de ENOS, consecuentemente se pueden presentar intensas lluvias en cortos periodos de tiempo, la mayoría de ellas devastadoras. Por ejemplo, durante los eventos de El Niño de 1982-1983 y 1992-1993, se precipitaron 557,7 mm, y 441,6 mm, respectivamente, que comparados con el promedio anual de 266,1 mm, se observa una fuerte anomalía positiva durante el periodo de lluvias que corresponde de noviembre a abril.

Respecto a la dirección dominante de los vientos se tiene que generalmente son noroeste sureste, lo que obedece a la celda de alta presión antes mencionada.

Otro patrón de vientos que tiene una fuerte influencia a escala regional, es la presencia de los llamados vientos Santa Ana. Estos vientos han sido reportados desde las primeras

exploraciones de los españoles por la región que incluso les llegaron a llamar los Vientos del Diablo por su velocidad, además de ser secos y calientes (Moore, 1958; Lessard, 1988).

El origen de estos vientos es provocado por la alta presión que se presenta en lo que se conoce como Great Basin, localizada en los Estados de Nevada, California y Utah, en los Estados Unidos. El origen de esta gran planicie se remonta al gran cambio climático del Pleistoceno-Holoceno hace 12,000 años. Durante el Pleistoceno, esta región estuvo cubierta por extensos y profundos lagos y en la actualidad estos lagos se han secado y están sometidos a un régimen de aridez (Thompson & Anderson, 1997).

Estos vientos presentan una dirección NE-SO, hacia la zona costera, la cual presenta una baja presión atmosférica induciendo su patrón de desplazamiento, consecuentemente por las áreas sobre las que se desplazan provocan deshidratación de las comunidades de chaparral las cuales son altamente susceptibles a incendiarse, además que estas comunidades vegetales presentan una tasa alta de ignición cuando han acumulado suficiente material combustible. Asimismo estos vientos extraen la escasa humedad del suelo, siendo un factor más de la propagación de los incendios (Minnich, 1987).

### **El Niño-Oscilación del sur y sus efectos en el noroeste de Baja California**

Indudablemente que la fuente más confiable para el estudio y monitoreo de ENOS, es la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos (NOAA, 2002), por lo que aquí solo se va a hacer mención de las graves repercusiones que se presentan con la precipitación de grandes volúmenes de lluvia en cortos periodos de tiempo y sus efectos en la economía de la región.

ENOS, consta de dos fases; una caliente llamada El Niño y una fría La Niña, ambas se presenta con una periodicidad de 3 a 4 años entre un evento y el siguiente.

El desarrollo de la tecnología satelital ha permitido observar, detectar y estudiar el origen de ese calentamiento de las aguas oceánicas superficiales, ya que antes de 1980 poco se sabía de este fenómeno, pero sí se conocían sus efectos y para la región que nos ocupa se tienen registradas fuertes precipitaciones en 1977, 1982, 1984, 1987, 1993 y la última en 1997 (CNA, 2002).

Durante estos eventos de ENOS, las intensas precipitaciones provocaron deslizamientos de tierra en gran parte de la región noroeste de Baja California, afectando a ciudades como; Tijuana y Ensenada donde hubo fuertes inundaciones, movimientos de laderas y destrucción de vías de comunicación (Cruz-Castillo & Delgado-Argote, 2000).

Sin embargo, no todo ha sido destrucción, en los valles agrícolas tanto costeros como intermontanos se presentan cierto nivel de recarga de los acuíferos, aunque la mayor parte del agua de lluvia sigue su curso normal al mar. Se renueva parcialmente la fertilidad de los suelos en zonas bajas con el aporte de sedimentos en las planicies costeras, pero por otro lado las partes altas de la sierra se ven sujetas a un intenso proceso de erosión hídrica, siendo la causa principal que a la gran mayoría de los suelos han perdido el horizonte superficial.

Posterior a cada uno de estos eventos, la actividad agropecuaria sobre toda la ganadería extensiva, se intensifica, ya que la humedad residual en el suelo promueve el desarrollo de

especies forrajeras, los acuíferos elevan su nivel estático y los agricultores expanden sus fronteras agrícolas y obtienen buena producción de cultivos de temporal en invierno y durante el verano se tiene mayor capacidad de extraer mayores volúmenes de agua del subsuelo.

La Comisión Nacional del Agua (CNA), que es el organismo público del Estado que se encarga de administrar los recursos hídricos existentes, ha estado evaluado los acuíferos de todo el Estado de Baja California. Uno de ellos, localizado en el poblado de Ojos Negros a una altitud de 700 msnm, de 1974 a 1995, ha disminuido su nivel estático en 7,5 metros lo que representa un volumen de 37,1 millones de metros cúbicos de la reserva de dicho acuífero. La misma situación se presenta en los demás acuíferos de la región (CNA, 1995 y 1997).

### **La Oscilación Decenal del Pacífico y su relación con periodos recurrentes de sequía y precipitación.**

En fechas más recientes Hare y sus colegas, al estudiar la disminución de las poblaciones de salmón en el mar de Alaska, encontraron que estaba relacionada con un evento que se denominó Oscilación Decenal del Pacífico (Pacific Decenal Oscillation, PDO siglas en inglés) (Hare & Francis, 1995; Mantua *et al.*, 1997).

Estos científicos dicen que la PDO tiene un patrón muy parecido al ENOS, pero mientras la PDO tiene periodos de recurrencia aproximadamente entre 20 a 30 años, ENOS persiste entre 6 a 18 meses.

Con el lanzamiento en 1992 del satélite franco-americano TOPEX/POSEIDON, se pudo comprobar que las observaciones de Hare y sus colegas eran correctas, ya que este satélite tiene la capacidad de evaluar el nivel medio del océano, sus temperaturas a nivel de superficie y la dinámica de las corrientes marinas lo que permitió establecer modelos del comportamiento de lo que ahora se conoce como Oscilación Decenal del Pacífico (<http://topex-www.jpl.nasa.gov/mission/topex.html>).

Mantua *et al.* (1997) mencionan que esta anomalía se caracteriza por presentar dos fases; una caliente que corresponde a periodos de entre 20 a 30 años durante los cuales en la costa oeste de Norteamérica, incluyendo a Baja California las precipitaciones son arriba de la media y que los eventos de ENOS, cuando estos se presentan estando en plena actividad la fase caliente son intensos, provocando lluvias intensas, muy arriba de la media y causando graves daños por inundaciones y deslaves en toda la zona costera.

Por el contrario cuando se activa lo que denominan la fase fría (con igual lapso de tiempo que la fase caliente), se correlaciona con un déficit en las precipitaciones por abajo de la media anual, no obstante que se presenten eventos de ENOS. Mantua *et al.* (1997) presentan una relación de eventos que otros científicos anteriormente habían detectado sin poder explicar su origen. Estos autores al procesar información mediante series de tiempo de varias estaciones climatológicas con un espectro de 100 años, detectan los ciclos de fase caliente que se presentaron durante los periodos de 1925 a 1946 y de 1977 a 1999 y los ciclos de fase fría; 1896 a 1924 y de 1947 a 1976. Los valores están expresados en desviaciones estándar.

## RESULTADOS

Un grupo de investigadores que trabajó durante 4 años (1997-2002) en el valle de Ojos Negros, elaboró y levantó una encuesta entre los productores locales para conocer los posibles eventos anómalos que ellos han logrado percibir para tratar de correlacionarlos con los periodos de intensas lluvias y periodos de sequía que ha causado enormes pérdidas sobre todo a los ganaderos que en la actualidad están perdiendo gran parte de sus hatos ganaderos por una sequía que llevaba casi tres años de haberse iniciado ([http://ponce.sdsu.edu/ojos\\_negros\\_reporte\\_final.html](http://ponce.sdsu.edu/ojos_negros_reporte_final.html)).

Esta encuesta demuestra que los ganaderos tienen bien presente lo que correspondería a la fase caliente de la PDO y que inicia desde 1977 y termina en 1997, con el último evento de ENOS que tuvo cierta intensidad; por ejemplo, en el invierno 1997-1998, la ciudad de Ensenada tuvo una precipitación de 546,7 mm, en los meses de noviembre a mayo, superior al promedio que es de 250 mm, y una vez terminada la fase caliente, el invierno de 1998-1999 la precipitación fue de 103 mm, para el 2000 la precipitación fue de 158 mm, y 2001 281mm (CNA, 2002).

Para el valle de Ojos Negros la precipitación media anual de 1948 a 1976 fue de 189 mm, correspondiente a la llamada fase fría con déficit de precipitación y de 1977 a 1998 fue de 318 mm, durante la fase caliente con eventos de precipitación muy por arriba de la media. El inicio de otra sequía a partir del invierno de 1999, ha obligado a los ganaderos a vender o sacrificar gran parte de su hatos, mientras que los productores agrícolas que utilizan tierras de temporal con cultivos de invierno, no han tenido cosecha a partir de esas fechas ya que las lluvias de invierno no han alcanzado la media anual, salvo en el 2001 (CNA, 2002).

Otros investigadores han hecho inferencias estadísticas con los escasos datos de las estaciones climatológicas y se ha encontrado que en un periodo de registro de 40 años en la mayoría de las estaciones capturadas y analizadas se marcan bastante bien, ciclos de sequía y humedad o fases frías o calientes en rangos de 25 años, es decir de 1950 a 1976 se presentó un periodo de sequía prolongada y que de 1977 a 1998 se manifestó un periodo de humedad que corresponde con los eventos que los ejidatarios han registrado de intensas lluvias (Zúñiga, 2002) y que además se correlacionan con la anomalía de la PDO.

Estos reportes de investigaciones tanto empíricas como cuantitativas, nos indican que para la región noroeste de Baja California se espera una sequía prolongada de más de 20 años, ya que de acuerdo a la tendencia analizada, la fase fría se inició en el invierno de 1999.

Otras fuentes de información que nos demuestran que estas anomalías meteorológicas a escala planetaria de los eventos de ENOS y PDO, son recurrentes en los periodos descritos, son los estudios que científicos de otros países han realizado, sobre eventos de la sequía.

Mediante el estudio de los procesos que provocan la sequía se ha logrado entender que no es nuevo ni provocado únicamente por actividades antropogénicas, más bien es un proceso que se remonta al cambio climático del Pleistoceno al Holoceno (Adams, 2002; Williams *et al.*, 1998). Larson (1994) utilizando reconstrucción de datos históricos de los misioneros y los primeros pobladores en California, detecta una serie de eventos de sequías e inundaciones recurrentes, asimismo hace una reconstrucción utilizando datos proxy y a través de técnicas

estadísticas de regresiones y series de tiempo, establece los periodos de sequías e inundaciones que narran los primeros colonizadores de California. Biondi *et al.* (2001) utilizando datos proxy de la dendrocronología reconstruyen los periodos cíclicos de la PDO desde 1661 al 1992 (Figura 2), para ello analizan los datos obtenidos del *Pinus jeffreyi* pinácea que crece en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Estos autores dicen que la evaluación de los datos proxy de la dendrocronología es la que mejor ajusta a periodos recurrentes de sequía y humedad en ciclos de 22 años.

De Menocal (2001) al hacer una revisión de eventos pasados de sequía, menciona que éstos han sido recurrentes desde el inicio del Holoceno hace aproximadamente 11,500 años. Este mismo autor a través de datos dendrocronológicos identifica con bastante precisión diferentes periodos de sequía y dice que de 1572 a 1593 se presentó en el suroeste de Norteamérica una Gran Sequía que duró aproximadamente 22 años. Shen & Tabios (1995) al hacer una reconstrucción dendrocronológica en la cuenca del río Sacramento en California detectan también en el año de 1580 la presencia de una gran sequía, y en 1930 la más reciente. Clark *et al.* (2002) mencionan periodos recurrentes de sequía en los Estados Unidos de Norteamérica; estos autores a través de análisis de sedimentos reconstruyen eventos de sequía en el Holoceno Medio hace 6000 años.

Adams (2002) y Williams *et al.* (1998) hacen una revisión de las condiciones ambientales; incremento de temperaturas, disminución de la precipitación e inestabilidad climática de los diferentes periodos de la transición del Pleistoceno al Holoceno. Todos estos datos proxy nos indican que en la región noroeste de Norteamérica incluyendo el noroeste de la Baja California la fase fría está activa y que de ser cierta la tendencia de la información disponible, debemos esperar un promedio de 22 años de lluvias por abajo de la media no obstante la presencia de eventos de ENOS. Por este motivo es absolutamente urgente establecer estrategias que mitiguen en lo posible los drásticos efectos de la sequía que inició a partir del invierno de 1999.

## DISCUSIÓN

Respecto a la tendencia de las variables climatológicas, al hacer una revisión bibliográfica y análisis de la información disponible de las características climatológicas y paleoclimatológicas, ha permitido definir un patrón del comportamiento de la cantidad y la distribución errática de la precipitación.

Si se toma en cuenta que durante la fase fría de la PDO (1948-1976), la media anual acumulada para la estación climatológica del valle de Ojos Negros fue de tan solo 189 mm, contra la media anual acumulada de todo el periodo de registro que fue de 253 mm, se observa una anomalía negativa.

Se espera que la siguiente fase fría la cual se supone inició en 1999, tenga esta misma tendencia, lo que se puede explicar de la siguiente forma: al observar la gráfica (Figura 3) desde 1949 a 1975, la curva sigue un patrón descendente, pero de 1976 a 1996, se observa un patrón ascendente, es decir sigue la misma tendencia de las fases frías y calientes de la PDO, por lo tanto se podría esperar que de 1999 en adelante pudiera revertir la tendencia

hacia un incremento de las temperaturas promedios anuales. A menor precipitación se presenta un incremento de la temperatura y a mayor precipitación una disminución de las temperaturas.

En relación a las temperaturas parecen presentar una distribución más consistente a través de las diferentes épocas del año y en periodos a mediano y largo plazo, pero no implica que no haya habido incrementos en la media anual. Esto se puede deber al escaso periodo de registro de la mayoría de las estaciones climatológicas (40 años). Al efectuar un análisis de regresión lineal para la estación climatológica de Ojos Negros, ( $y = 0,0069x^2 - 0,3804x + 20,235$ ), se observa en la (b) una ligera tendencia de un incremento de 0,3804, es decir 3 décimas de grado, lo que permite inferir una tendencia de un incremento de las temperaturas.

Ercan (1999) y Ponce *et al.* (2001) al realizar estudios del comportamiento de las variables climatológicas en la Sierra de Juárez incluyendo al valle de Ojos Negros, dicen que se observa un patrón decreciente de la temperatura máxima promedio pero también una tendencia de incremento anual de la temperatura mínima absoluta. Asimismo estos autores indican que se está presentando un proceso de incremento de la humedad relativa debido a la exagerada extracción de las aguas subterráneas del acuífero, pero lo que estos autores no analizaron, es que el incremento de la humedad relativa posiblemente tiene su origen a un incremento de la precipitación por la presencia de la fase caliente de la PDO (de 1976 a 1998) más que a la extracción del agua subterránea.

Otros autores al hacer referencia al incremento de las temperaturas a escala planetaria, dicen que en los últimos 100 años las temperaturas han experimentado un incremento de 0,5°C, (Le Houérou, 2002) suficiente para que la tasa de ETP se incremente significativamente por déficit de precipitación, y una tendencia hacia la desertificación por inadecuadas prácticas agrícolas. Crowley, (2000) y Jones *et al.* (2001) mencionan que en los últimos 30 años de 1961 a 1991, la temperatura se incrementó en el Hemisferio Norte en 0,2°C, el más caliente en los últimos 1000 años.

Otros valles agrícolas al sur del Puerto de Ensenada están en proceso de desertificación, básicamente por dos razones; exceso de sales en agua de riego y sobreexplotación de los acuíferos que permitirían la agricultura en estos valles. Asimismo otro fenómeno recurrente y que incide en el proceso de desertificación, son los incendios forestales en Baja California (Keely, 2002; Minnich, 1987; Minnich & Franco-Vizcaino, 1998).

Esto ha provocado y sigue promoviendo la erosión hídrica del suelo. Una vez que se presenta un incendio y le continúa el periodo de lluvias sin importar el volumen de precipitación, los suelos están descubiertos y sin ninguna protección por la combustión de la escasa materia orgánica que ayude a retener las partículas del suelo.

Conjuntamente con los incendios forestales, la eliminación de la cubierta vegetal por la práctica de una ganadería extensiva y de baja eficiencia (se ha estimado un índice de coeficiente de agostadero de 32 ha por carga animal para el ecosistema mediterráneo; COTECOCA, sin fecha), están incidiendo fuertemente en la pérdida de la capa del suelo y la retención e infiltración del agua hacia los acuíferos.

## Impactos Regionales

Henderson (1964) hace una revisión de las actividades productivas del sector primario, la agricultura y la ganadería, desde inicios del siglo XX hasta la década de los sesenta. Este autor analiza la escasa información que se tenía para esas fechas sobre los recursos que sustentaron la actividad agropecuaria, y menciona que durante la década de los cincuenta tanto la agricultura como la ganadería eran la principal actividad económica del Estado y que ésta se pudo haber dado por la gran demanda de alimentos que se presentó después de haber terminado al Segunda Guerra Mundial.

En este mismo trabajo también se hace referencia a algunos datos de precipitación y temperatura desde 1926 a 1956, haciendo mención a años muy secos. Por ejemplo en 1926 la precipitación para zona costa (Ensenada) fue de 350 mm, (la media anual a datos del 2002 es de 261 mm; CNA, 2002) siendo un año muy húmedo. En 1953 la precipitación para el mismo lugar fue de tan sólo 86 mm, la más baja que ha registrado a la fecha esa ciudad y correlaciona bastante bien con el establecimiento de la fase fría de la PDO.

Respecto a las temperaturas más altas registradas en la región y principalmente en el Valle de Ojos Negros, en 1954 y 1969, se registró una temperatura de 53°C, la más alta registrada a la fecha, y que al menos hubo 11 años (1949-1959) en que las temperaturas estuvieron siempre arriba 35°C (CNA, 2002).

García (1987) al hacer un análisis de la actividad económica del Estado a partir de la década de los cincuenta hasta los ochenta, dice que en 1950 el Producto Interno Bruto (PIB) en el agro fue de 17,6% y para 1980 disminuyó a tan solo un 10%. Este autor no precisa las causas de ese descenso de más del 7% del PIB. Esta tendencia de la disminución del PIB en el sector agropecuario se ha seguido manteniendo. En 1996 el PIB de este sector disminuyó a tan solo 3,1% y para 1999 volvió a caer a un 2,99% (SEFOA, 2003).

Asimismo este autor menciona que en la década de los cincuenta, en el sector del agro la población económicamente activa (PEA), en el municipio de Ensenada (zona costa) era de 34,567 experimentando un incremento de casi el 100% en una década (1960), pero en las dos décadas siguientes 1970 a 1980 disminuyó sensiblemente a niveles de 1950, es decir 38,180. La PEA estatal en el sector primario en 1960 era del 32%, en 1990 la PEA empleada por el agro en el Estado (incluye zona costa y valle), fue de 58,584, el 3,5% y en el 2000 cayó a 57,558, equivalente al 2,3 % (SEFOA, 2003), indicando una disminución de la actividad en el sector que se podría explicar bajo dos supuestos: cambio tecnológico ó déficit de precipitación ó ambos.

García (1987), hace referencia a posible déficit en la precipitación y de ahí la disminución del PIB agrícola en la economía del Estado. No obstante le da más peso al cambio tecnológico en la agricultura, argumentando que se requiere de menos jornales para producir la misma cantidad de tierra. Pero lo que no explica este autor, es la disminución del PIB agrícola de la región, lo que indica que hubo una disminución en volumen de la producción y que el cambio tecnológico debería mostrar la situación opuesta, es decir un incremento sensible en el volumen de la producción. Este autor tampoco explica la sensible baja de la actividad ganadera en el Estado, lo único que dice es que podría corresponder a una

posible disminución de la precipitación principalmente durante el periodo comprendido de 1950 a 1980.

Otros trabajos al analizar las economías de Baja California y California a partir de la década de los ochenta, hacen referencia que la agricultura en el Estado había alcanzado un alto nivel de tecnificación y la producción agrícola iba presentando un perfil hacia la exportación, pero para mantener su productividad intensificó el volumen de extracción del agua subterránea. Pero nuevamente la ganadería seguía experimentando altibajos debido a diversos factores, entre ellos altas temperaturas y sobre todo escasa precipitación (Ramírez & Castillo, 1985). Asimismo a partir de la década de los ochenta el PIB se cargó totalmente hacia el sector terciario, es decir la economía de la región presenta una fuerte inclinación al sector de los servicios, apoyados por programas de industrialización, consecuentemente la población del Estado se ha ido transformando de rural a urbana (Castillo, 1986).

Lugo (2002), hace una comparación de la competitividad que tiene la producción de hortalizas a nivel país y región e indica que Baja California ocupa el segundo lugar después de Sinaloa en la producción y exportación de hortalizas hacia los Estados Unidos de Norteamérica, y contribuye con un 30% de los productos de exportación, principalmente hacia el mercado californiano. Esto permite mantener un superávit en la balanza comercial de Baja California, pero asimismo, esta autora hace referencia a un posible problema que va a enfrentar la producción agrícola en la región, la escasez de agua y suelo.

Como se podrá observar, la intensidad de las actividades económicas del sector primario, han influido negativamente en el régimen hidrológico de la región. Todo ello aunado a la gran variabilidad de la precipitación y los ciclos recurrentes de sequías y precipitaciones, condiciona fuertemente las actividades económicas del sector primario de toda la región.

Respecto a la superficie total del Estado de Baja California es de 70,113 km<sup>2</sup>, y el área destinada a la agricultura en todo el Estado es de aproximadamente 260,388 ha, equivalentes al 3,7% de la superficie total.

El área cultivada de temporal y riego en zona costa, siempre va a estar sujeta a la disponibilidad de agua de lluvia y la incierta recarga de los acuíferos. Por ejemplo, el área cultivada para el ciclo agrícola otoño-invierno (temporal, O-I), de 1995-96 fue de 37,951 ha, y en el ciclo primavera-verano (P-V) de 1996-96, fue de 6,682 ha de superficie dedicada a agricultura de temporal de las 44,633.00 ha, equivalente a un 0,63% del total de la superficie del Estado.

En cambio para otros ciclos agrícolas se reportan diferentes áreas cultivables tanto para agricultura de temporal como de riego, ejemplo para los ciclos O-I 1993-94 y P-V 1994-94 se reportan 28,385 has bajo riego, y para los mismos ciclos en condiciones de temporal se reportan 35,003 ha.

En fechas más recientes, la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), dependiendo del Gobierno Estatal, ha capturado y puesto en disponibilidad la información estadística de la actividad agropecuaria, a partir de 1996 al 2001.

En el Cuadro 1 se muestran ciclos de siembra y cosecha de cultivos de temporal desde 1996 al 2000 en la zona costa, principalmente en el Municipio de Ensenada, que es el que

depende totalmente de la precipitación pluvial para practicar una agricultura de temporal durante el ciclo Otoño-Invierno y parcialmente Primavera-Verano.

Como se podrá observar, para los años 1999 y 2000, la precipitación siempre estuvo muy por abajo de la media anual, de esta forma se explica que de las 1638 has sembradas solamente se cosecharon 656, casi un tercio de la superficie sembrada. Pero lo más sobresaliente es que la misma tendencia se observa en el ciclo correspondiente de 1996 y 1997, la superficie sembrada ha estado disminuyendo paulatinamente, aún cuando para esas fechas hubo suficiente lluvia para llegar a la madurez fisiológica el cultivo.

Con relación a pérdidas en el sector por los fenómenos hidrometeorológicos. A la fecha no existen datos precisos de parte de las autoridades respecto a pérdidas que ha registrado el sector, cuando se han presentado severas sequías. Respecto al déficit de precipitación, las pérdidas económicas que ha ocasionado en la agricultura y ganadería, han sido utilizadas como índices de intensidad de las sequías, sin olvidar que la proliferación de los incendios forestales ocasiona graves daños por la pérdida de la cubierta vegetal, y la erosión del suelo. Los daños causados en los sectores antes mencionados durante el periodo de 1988-1995 fueron: 19,930 has de cultivo; 1347 cabezas de ganado; 14,325 has forestales y más de 61 incendios forestales (CNA, 1995).

Datos estadísticos más recientes sobre superficie cultivada de 2002 al 2008, estando ya activa la fase fría de la ODP, demuestran que los déficits de precipitación están causando graves pérdidas a la economía de los productores que dependen de la temporada de lluvias (Cuadro 2).

Se observa que desde el año 2002, y ninguno de los precedentes años, hasta el 2008, la relación de la superficie sembrada con la cosechada, invariablemente es deficitaria y para los años 2002 y 2007 hubo pérdida total, que corresponde con la tendencia de la Fase Fría.

## CONCLUSIÓN

Indudablemente que los eventos de ENOS y de la ODP, han impactado la economía de esta región Noroeste de Baja California y como se ha observado no son producto del calentamiento global, más bien, son producto del gran cambio climático del Pleistoceno al Holoceno.

Referente a la superficie que se dedica a la agricultura de temporal depende en su totalidad de un buen año de lluvias, pero como se observó en párrafos arriba, la Fase fría de la ODP ha sido determinante para obtener cosechas y como los productores no tienen acceso a pozos profundos, la alternativa sería cambios de uso del suelo hacia actividades más rentables para evitar que se roten y se cultiven sin obtener producción, consecuentemente se podría evitar la erosión o degradación y procesos de desertificación, asimismo pérdidas económicas a los productores que forzosamente requieren de créditos de avío para sembrar sus parcelas. Esta situación es la que se presenta en las más de 40,000 ha de agricultura de temporal de la zona costa.

Por último, debemos aprender de las experiencias que desde hace varios milenios, los primeros pobladores que se asentaron en el ambiente mediterráneo desarrollaron una serie de

técnicas como cosecha de agua a través pequeños embalses o microcuencas que les permitió hacer un uso eficiente de la escasa agua, al grado de poder desarrollar la agricultura y promover infiltración a los acuíferos y evitar erosión laminar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J. 2002.** North America during the last 150,000 years. In: *Global land environments since last interglacial*. University of Rhode Island, USA members.cox.net/quaternary/nerc NORTHAMERICA.
- Bintliff, J. 2002.** Time, process and catastrophism in the study of Mediterranean alluvial history: a review. *World Archaeology* Vol. 33(3): 417–435.
- Biondi, F., A. Gershunov & D.R. Cayan. 2001.** North Pacific Decadal Climate Variability since 1661. *Amer. Meteor. Soc.* Vol. 14 5-10.
- Castillo, V. 1986.** Desarrollo Regional y Frontera Norte. Configuración Regional 1960-1980. *Cuadernos de Economía*. Serie 2:1 Facultad de Economía-UABC. Tijuana, B.C.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). (Sin fecha).** Secretaría de de Agricultura y recursos Hidráulicos. Brigada XI Baja California Norte. Ensenada, B.C.
- Cook, E., C. A. Woodhouse, C. M. Eakin, D. M. Meko & D. W. Stahle. 2004.** Long-Term Aridity Changes in the Western United States. *Science* Vol. 306: 5 1051-1018
- Cook, E. R., Seager, R., M. A. Cane & D. W. Stahle. 2007.** North American drought: Reconstructions, causes, and consequences. *Earth-Science Reviews* Vol. 81: 93–134.
- Clark, J. S., E.C. Grimm, J. J. Donovan, S. C. Fritz, D. R. Engstrom & J. E. Almendinger. 2002.** Drought cycles and landscape responses to past aridity of the northern Great Plains, USA. *Ecology*. Vol. 83:3 p. 595-602.
- Comisión Nacional del Agua. 1995.** Plan Estatal Hidráulico 1995-2000. Subgerencia Técnica Regional. Gerencia Regional de la Península de Baja California.
- Comisión Nacional del Agua. 1997.** Actualización piezométrica del acuífero BC-08 Ojos Negros, B.C. Gerencia Regional de la Península de Baja California. Subgerencia Regional Técnica. Aguas Subterráneas.
- Comisión Nacional del Agua. 2002.** Subgerencia Regional Técnica, Jefatura de Proyectos Meteorológicos. Subgerencia Técnica Regional. Gerencia Regional de la Península de Baja California.
- Crowley, T. J. 2000.** Causes of Climate Change Over the Past 1000 Years. *Science*. Vol. 289:5477 p. 270-278.
- Cruz-Castillo, M & L. A. Delgado-Argote. 2000.** Los deslizamientos de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada, en Baja California. GEOS, Unión Geofísica Mexicana.
- deMenocal, P.B. 2001.** Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science*. Vol. 292:5517. p. 667-672.
- Dregne, H. E. 2002.** Land Degradation in the Drylands. *Arid Land Research & Management*. Vol. 16: 2, p. 99-133.
- Ercan, S. 1999.** Sustainable management of water resources in the Ojos Negros valley, Baja

California. Civil and Environmental Engineering Department, San Diego State University, San Diego, California.

**García, E. 1981.** Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. I. de Geografía UNAM-CETENAL. p. 252.

**García, M.J. 1987.** Diagnóstico de largo plazo en la economía de Baja California, 1950-1980. *Cuadernos de Economía*. Serie 3:4 Facultad de Economía-UABC. Tijuana, B.C.

**Hare, S.R. & R.C. Francis. 1995.** Climate Change and Salmon Production in the Northeast Pacific Ocean. In: R.J. Beamish [ed.] Ocean climate and northern fish populations. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 121, p. 357-372.

**Henderson, D. A. 1964.** Agriculture and Livestock Raising in the Evolution of the Economy and Culture of the State of Baja California. Mexico. Tesis Ph Doctor. University of California, Los Angeles. CA.

**Jones, P. D., T. J. Osborn & K. R. Briffa. 2001.** The Evolution of Climate Over the Last Millennium. *Science*. Vol. 292:5517 p. 662-666.

**Keeley, J.E. 2002.** Native American impacts on fire regimes of the California coastal ranges. *Journal of Biogeography*, 29, 303-320.

**Le Houérou, H. N. 2002.** Man-Made Deserts: Desertization Processes and Threats. *Arid Land Research & Management*, Vol. 16:1 pp 1-36.

**Lessard, A.G. 1988.** The Santa Ana wind of southern California. *Weathreview*. Vol 41: 100-105.

**Lugo, M. S. Y. 2002.** Agricultura de Exportación y Complementaridad Peninsular. *Comercio Exterior*. Vol. 52:6. p. 694-699.

**Mantua, N., S. R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace & R. C. Flores. 1997.** A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol 78, p. 1069-1079.

**MEDALUS I Final Report, Covering the Period 1 January 1991 to 31 December 1992.**

**Minnich, R.A. 1987.** Fire Behavior In Southern California Chaparral Before Fire Control: The Mount Wilson Burns at the Turn Century. *Annals of the Association Geographers*. Vol.77:4 599-618.

**Minnich, R.A. & E. Franco V. 1998.** Land of Chamise and Pines. Historical Accounts and Current Status of Northern Baja California's Vegetation. University of California.

**Miranda, R. J. F. 1987.** Caracterización de zonas Climáticas Sinópticas en la Península de Baja California. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC Unidad Ensenada p. 89.

**Moore, B.B. 1958.** The Santa Ana Winds. San Diego Historical Society Quaterly. Vol. 4; No.1:1-3. *The Journal of San Diego History*. National Oceanic Atmospheric Administration. 2000. North American Drought: A Paleo Perspective.[http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/drought/drght\\_home.html](http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_home.html)

**Neil, R., M. E. Meadows & J. R. Dodson. 2001.** The history of mediterranean-type environments: climate, culture and landscape. *The Holocene*. 11:6 p. 631-634.

**Orme, A. & A.J. Orme. 1998.** Greater California. En: Conacher, A. L. & M. Sala (ed.).

*Land Degradation in Mediterranean Environments of the World. Nature and extent, causes and solutions.* John Wiley & Sons. p. 109-122.

**Ponce, M., R. García C. & C. Ercan.** 2001. Posible cambio climático debido a la explotación subterránea en el Valle de Ojos Negros, Baja California. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM.* No. 44 p. 6-17.

**Ponce, V.M., W. Zúñiga C., F. R. Venegas C., T. Gaona A., R. O. García C., J. I. Sepúlveda B. & G. Arámburo V.** 2002. Manejo sustentable del agua en el Valle de Ojos Negros, Baja California, México. ([http://ponce.sdsu.edu/ojos\\_negros\\_reporte\\_final.html](http://ponce.sdsu.edu/ojos_negros_reporte_final.html))

**Ramírez, A. R. de J. & V. Castillo R.** 1985. La Frontera México-Estados Unidos. Estudio de las Economías de Baja California y California. *Cuadernos de Economía.* Serie 1 Cuaderno No.1 I.I.S.-UABC, Tijuana, B.C.

**Stahle, D. W., F. K. Fye, E. R. Cook & R. D. Griffin.** 2007. Tree-ring reconstructed megadroughts over North America since A.D. 1300 *Climatic Change.* 83:133-149.

**Shen, H.W. & G.Q. Tabios.** 1995. Drought Analysis with Reservoirs Using Tree-ring Reconstructed Flows. *Journal of Hydraulic Engineering.* Vol. 121:5 p. 413-422.

**SEFOA, Secretaría de Fomento Agropecuario.** 2003. Gobierno del Estado de Baja California. <http://bajacalifornia.gob.mx/>

**Thompson, R. S. & K. H. Anderson.** 1997. Past climate and vegetation changes in the southwestern United States. Electronic publication at: <http://geochange.er.usgs.gov/sw/impacts/biology/pastclim/>

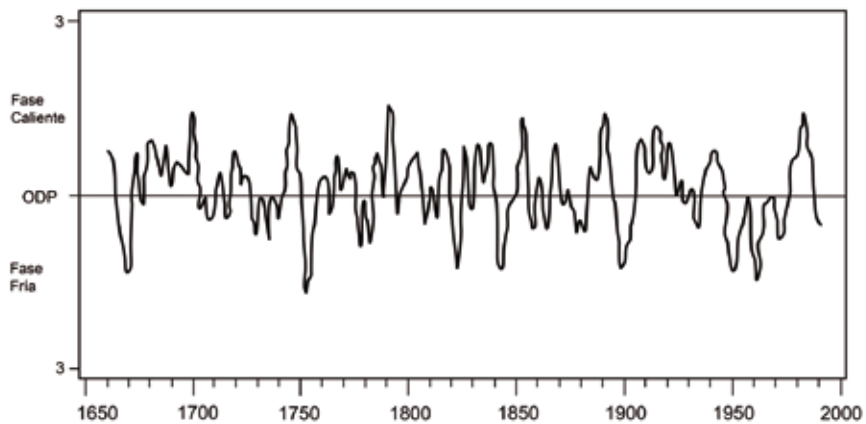
**TOPEX/POSEIDON** (<http://topex-www.jpl.nasa.gov/mission/topex.html>).

**Williams, M., D. Dunkerley, P. De Deckener, P. Kershaw & J. Chapell.** 1998. Quaternary Environments. Arnold Oxford University Press, Inc, NY. World Commission Environment Development.

**Zuñiga, C. W.R.** 2002. Diagnóstico y perspectivas de la sequía en Baja California. Fundación Produce Baja California, A.C. y Facultad de Ciencias-UABC. Ensenada, B.C.



**Figura 1.** Localización Valle de Ojos Negros.



**Figura 2.** Reconstrucción de periodos recurrentes de fases frías y calientes, en base a datos proxy de la dendrocronología, para el Noroeste de Norteamérica, incluyendo a Baja California, de 1661 a 1992. (Fuente: Tomada y adaptado de Biondi *et al.*, 2001)

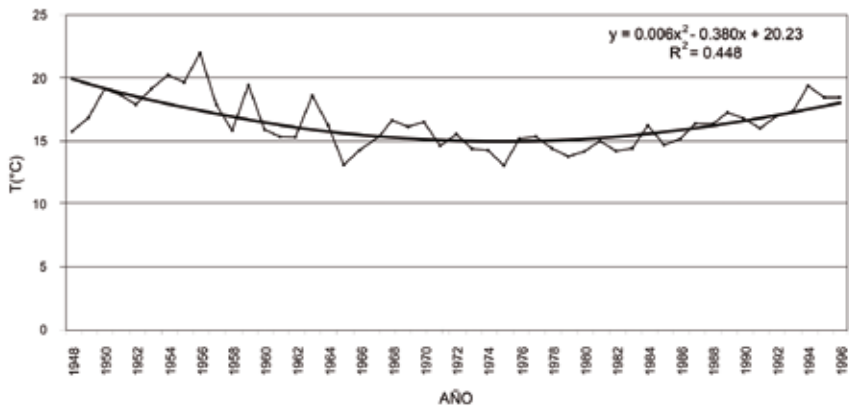


Figura 3. Patrón anual y tendencia de temperatura promedio en el Valle de Ojos Negros, Baja California 1949-1996.

Cuadro 1. Ciclos de siembra y cosecha temporal 1996-2000. (Fuente: SEFOA. 2003. <http://bajacalifornia.gov.mx/>)

| CICLOS           | AÑO  | SIEMBRA<br>MILES DE HECTAREAS | COSECHA<br>MILES DE HECTAREAS |
|------------------|------|-------------------------------|-------------------------------|
| PRIMAVERA-VERANO | 1996 | 4351                          | 125                           |
|                  | 1997 | 1470                          | 748                           |
|                  | 1998 | 4111                          | 4103                          |
|                  | 1999 | 2496                          | 2424                          |
|                  | 2000 | 1638                          | 656                           |

Cuadro 2. Ciclos de siembra y cosecha temporal 2002-2008. (Fuente: SEFOA. 2009. <http://bajacalifornia.gob.mx/>)

| CULTIVOS DE TEMPORAL OTOÑO-INVIerno |                        |                         |                           |            |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------|
| AÑO                                 | SUPERFICIE<br>SEMBRADA | SUPERFICIE<br>COSECHADA | SUPERFICIE<br>SINIESTRADA | PORCENTAJE |
| 2002                                | 25092                  |                         | 25092                     | 100        |
| 2003                                | 40870                  | 30385                   | 10485                     | 26         |
| 2004                                | 41375                  | 14338                   | 27037                     | 65         |
| 2005                                | 43161                  | 42991                   | 170                       | 0          |
| 2006                                | 25492                  | 25492                   | 7071                      | 28         |
| 2007                                | 28483                  |                         | 28483                     | 100        |
| 2008                                | 34752                  | 28820                   | 5932                      | 17         |

# Levantamiento de suelos en el Valle de Tehuacán, Puebla, México

JOSÉ LÓPEZ-GARCÍA<sup>1\*</sup>, JESÚS DANIEL MUÑOZ INIESTRA<sup>1</sup>, FRANCISCO RAÚL VENEGAS CARDOSO<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México.

<sup>(2)</sup> Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

\*Email: jlopez@servidor.unam.mx

## RESUMEN

Se realizó un levantamiento de suelos en el valle de Tehuacán, Puebla, para conocer la potencialidad de los suelos de zonas áridas y la distribución espacial de las características y propiedades de los suelos para clasificarlos taxonómicamente con el Sistema Americano.

Se realizaron 8 perfiles de suelos y con apoyo de 2 perfiles del Instituto de Nacional Estadística, Geografía e Informática se integraron las bases de datos y por medio de fotointerpretación se llevó a cabo la separación de unidades de paisaje y se asoció a los suelos, para obtener unidades morfopedológicas, que son unidades morfogenéticas asociadas a las unidades de suelos, lo que permite una mejor planeación de las actividades agrícolas. En esta zona los recursos hídricos son escasos y por tanto el uso eficiente del agua ha permitido obtener buenos resultados agrícolas. El valle de Tehuacán tiene una extensión de 27,642 hectáreas, de las cuales 1105 hectáreas son elevaciones con vegetación natural, 1183 hectáreas son zonas urbanas y el restante 91,7% son aprovechadas en su totalidad para la agricultura.

Esto permite evidenciar que los suelos de zonas áridas son potencialmente aptos agrícola-mente, cuando se hace un manejo adecuado del agua, reduciendo los contenidos de sales solubles, empleando técnicas para el lavado de sales.

Palabras clave: clasificación de suelos, levantamiento de suelos, morfopedología, Tehuacán.

## ABSTRACT

*It was realized a soils survey in Tehuacan valley, Puebla, to know the potentiality of soils in arid zones and spatial distribution of the characteristics and properties of the soils to classify them taxonomically with the system.*

*8 soils profiles were realized and with the support of 2 profiles from the National Institute of Statistical, Geography and Informatic data bases were integrated and by means of photointerpretation, it was realized the separation of landscape unities and it was associated to soils, to obtain morphopedological unities, that are morphogenetics unities associated with the soils unities, which allows a better planning of the agricultural activities. In this zone water resources are limited therefore the efficient utilization of water has allowed to obtain good agricultural results. Tehuacan valley has an extension of 27,642 hectares, from which 1105 hectares are elevations*

*with natural vegetation, 1183 hectares are urban zones and the remaining 91,7% are used in its totality for agriculture.*

*This allows to demonstrate that soils of arid zones are potentially suitable for agriculture, when an appropriated management of water is done, reducing the contents of soluble salts, using techniques for salts washing.*

*Key words: morphopedological, soils survey, soils classification, Tehuacan.*

El suelo es el resultado de muchos factores ambientales, por lo que, se requiere tener una mentalidad creativa para que a partir de ciertos hechos se deduzcan situaciones ambientales pasadas, o características climáticas de una zona, relieve, edad, geología. Por lo que la adecuada planeación del uso de la tierra, y el manejo racional de la misma, se basan en el conocimiento de las características de los suelos (Elbersen *et al.*, 1974).

La mejor forma de conocer las características y propiedades de los suelos es mediante los "Levantamientos edafológicos". Su propósito fundamental es entender el origen de los suelos, conocer sus propiedades, su distribución geográfica y predecir su comportamiento bajo diferentes usos y/o sistemas de manejo.

Ello debe permitir una planeación conducente a un desarrollo eficiente y equilibrado, que tenga en cuenta la potencialidad y fragilidad de los recursos, mejore su uso y evite su degradación, es decir que sea sostenible o durable a largo plazo (Porta *et al.*, 1994).

En algunos países, a principios del siglo pasado, se empezaron a realizar inventarios de suelos. Es una labor lenta, que requiere personal y recursos económicos y cuyos beneficios a corto plazo son difíciles de justificar, si bien a mediano y largo plazo resultan indispensables para el ordenamiento territorial y el adecuado manejo de los suelos. Uno de los mayores problemas es que en todo el mundo se han generado de forma muy desigual tanto los inventarios como la cartografía de los recursos naturales.

Los objetivos de estos trabajos, si bien en un inicio fueron enfocados al conocimiento de lo inventariado y su distribución territorial, cada vez se han orientado más hacia la comprensión de cómo funcionan los distintos sistemas.

De ahí que la importancia de que un levantamiento de suelos consista en conocer las características y propiedades de los suelos para evaluar y predecir la aptitud y limitantes de los mismos, para el mejor uso y manejo. Proporciona información teórico-práctica útil en la forma más sencilla posible, de manera que pueda ser entendida y aplicada por los diferentes usuarios del suelo, desde un profesional en esta rama, hasta un agricultor (Elbersen *et al.*, 1974).

Partiendo de la premisa de que el suelo ha sido y será por siempre la fuente esencial de la producción de alimentos y que la base de la productividad animal y vegetal radica en el manejo racional del suelo, se hace necesario el inventario actualizado de este recurso.

Los estudios de suelos en México están incompletos, ya que, sólo cerca de un tercio del país a sido cartografiado a escala 1:50,000, por lo tanto, es necesario realizar estudios de suelos tendientes a cartografiar terrenos agrícolas que permitan reconocer las características y propiedades de los suelos, y con ello tratar de asegurar la producción de alimentos.

Una de las zonas áridas de México en el centro del país es el valle de Tehuacán - Cuicatlan el cual representa una de las zonas áridas con más endemismos y que queda incluido como Reserva de la Biosfera. La zona en estudio es colindante con esta Reserva y en algún momento fue incluida dentro de ella, por lo que reviste importancia como zona de producción agrícola intensiva y permite dar un aporte al conocimiento del recurso suelo del valle de Tehuacán en el Estado de Puebla (Figura 1).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente trabajo se basó en el proceso metodológico utilizado para el levantamiento de suelos, bajo el método geopedológico (Zinck, 1988), asociando los procesos morfogenéticos con los procesos pedogenéticos, el cual se divide en cuatro etapas: Recopilación de información, campo, laboratorio e integración.

Se recopiló material bibliográfico y cartográfico referente a geología, vegetación, edafología y uso del suelo, en estudios realizados en la zona. Se consultaron los datos de las estaciones climáticas de San Francisco Altepexi a 1220 msnm y la de Zinacatepec a 1139 msnm para el periodo 1969-2008.

Se adquirió la cobertura fotográfica de un vuelo del Sistema Nacional de Fotografía Aérea (SINFA) de alta resolución a escala 1:75,000 del Instituto de Nacional Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de abril de 1995. Se aplicaron las técnicas convencionales de fotointerpretación para la correcta interpretación y manejo de las fotografías. La ubicación de los puntos de muestreo se realizó por fotointerpretación, lo que permitió localizar los accesos y verificar las unidades de mapeo de suelos.

Se realizaron 8 perfiles de suelos para validar las unidades de mapeo de suelos establecidas por fotointerpretación y complementados por 2 perfiles de la cartografía de suelos de México, escala 1:250,000, (INEGI, 1984). La descripción de perfiles se realizó al momento de terminado el pozo, describiendo las características morfológicas reflejadas por la acción de procesos formadores del suelo para separar los diferentes horizontes o capas y describir detalladamente a partir de las características morfológicas que propone la guía para la descripción de perfiles de campo (Cuanalo, 1975). Realizada la descripción se procede al muestreo de suelo por horizonte, las muestras se toman empezando por la base del perfil, las bolsas de plástico se etiquetan, anotando la referencia del pozo, profundidad del horizonte así como su denominación tentativa hecha en campo. Se realizan algunas pruebas químicas y físicas que serán complementadas con los análisis de laboratorio.

Los análisis de laboratorio realizados fueron físicos: Color en seco y en húmedo, por comparación con las cartas de color Munsell; Densidad aparente, se determinó por el método de la probeta; Densidad real se obtuvo por el método del picnómetro. Espacio poroso, se calculó basándose en las densidades anteriores; y la Textura, se obtuvo por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Las propiedades químicas como el pH, se determinó en un potenciómetro de Corning modelo 7, usando una relación suelo-agua destilada hervida 1:2.5 y 1:5.0, la misma relación salina se hizo con solución salina de KCl IN pH7; Materia orgánica, se empleó el método

de Walkley y Black modificado por Walkley; Capacidad de intercambio catiónico total, por centrifugación saturando la muestra con acetato de Na IN pH 7, lavando enseguida en alcohol etílico y saturando de nuevo con acetato de amonio IN pH 7. Para su determinación se empleó un flamómetro Corning 400; Calcio y Magnesio intercambiables, se obtuvieron por centrifugación, extrayendo con acetato de amonio IN pH 7; el CaH y MgH se titularon por el método de versenato usando como indicadores murexida y negro de eriocromo; el Sodio y Potasio intercambiables, por flamometría, usando acetato de amonio IN pH 7 para la extracción por agitación, para su determinación se empleó un flamómetro Corning 400; los Fosfatos: determinado por el método de Olsen. Se realizó pasta de saturación mediante filtración en vacío para obtener: Sulfatos, por gravimetría en forma de sulfato de bario; Carbonatos y Bicarbonatos, por el método volumétrico, con HCl 0.01 N, fenoftaleína y anaranjado de metilo; Calcio y Magnesio solubles, por titulación con el método de Versenato (EDTA 0.02N); Conductividad Eléctrica por medio del conductímetro Phillips PW 9505; Potencial de Hidrogeno (pH), del extracto de la pasta de saturación en un potenciómetro Corning modelo 7; Sodio y Potasio solubles, determinado con fotometría de llama Corning 400; y Cloruros, por el método de Mohr, 1949, utilizando nitrato de plata (0.01 N).

La última fase consistió en la clasificación taxonómica de los perfiles del suelo, la transferencia de los límites al mapa base, y la elaboración de la leyenda fisiográfica-edafológica definitiva. Para la clasificación taxonómica de los perfiles, se utilizó el sistema taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 2006).

Con la información taxonómica por cada unidad de mapeo, se completó la leyenda fisiográfica, se calculó la superficie de cada unidad mapeada y con esto se estableció la leyenda morfopedológica.

El mapa de suelos se acompaña de una leyenda morfopedológica, que se divide en Gran Paisaje y Paisaje asociada a las unidades de suelos representativas como unidades de mapeo, resultado de la verificación de la fotointerpretación en campo, con la interpretación de los análisis de laboratorios y la clasificación taxonómica se restituye al mapa base, con los perfiles de suelos.

Por último, se complementa con el mapa de uso del suelo y vegetación del INEGI, 2000 y con una imagen de satélite de diciembre 1999 se elaboró la cartografía final en un sistema de información geográfica (ArcGis).

## RESULTADOS

El valle de Tehuacán tiene una dirección noroeste sureste, al norte el poblado de Tehuacán e insertos 5 poblados más distribuidos en el valle Ajalpan, Zinacatepec, Altepexi, San Gabriel Chilac y San José Miahuatlán, que son los que aprovechan este valle (Figura 2).

El clima es Bw(h)w (w)(i)g, clima árido con un porcentaje de precipitación invernal con respecto a la anual menor de 5°C, la temperatura media entre de 22 y 24°C en la estación Zinacatepec y en San Francisco Altepexi (García, 1988).

Las condiciones ambientales que actualmente se presentan en esta zona, repercuten drásticamente en los resultados obtenidos de estos suelos (alto pH, bajo contenido de materia

orgánica, falta de estructura, alto Porcentaje de Sodio Intercambiable-PSI y la presencia de calcio en algunos horizontes es alto).

Así, el factor ambiental más importante es el régimen climático, ya que en éste lugar la evapotranspiración excede a la precipitación durante la mayor parte del año, por lo que el agua no penetra a través del suelo. Esto es causa de que el suelo esté expuesto a radiación solar fuerte, aire extremadamente seco, presenta una capa muy delgada e impermeable, al presentarse la lluvia, el agua solo penetra superficialmente y se evapora pronto.

Otro problema que se presenta es que al humedecerse el suelo, puede penetrar un poco más y llevándose consigo los iones sodio o carbonatos y ser depositados en capas inferiores, que al evaporarse el agua volverán a subir estos y acumularse en horizontes superiores, y así formar algún horizonte nátrico o cálcico según sea el catión.

La escasa vegetación natural protectora de las partes altas y la degradación de la estructura que la acompaña han dado como resultado que el suelo sea suelto y más susceptible a la erosión eólica, aportando materiales a las partes bajas (Figura 3).

La vegetación desempeña un papel esencial en la conservación del suelo, ejerciendo una protección mecánica, disminuyendo la fuerza del agua y favoreciendo la infiltración, suministrando así una apreciable cantidad de materia orgánica que desempeña un papel importante como cementante y mantiene la estructura y conserva la humedad del suelo.

Otro problema que repercute en la estructura, es que durante los periodos cortos de lluvia, las arcillas con sodio se hidrolizan, el pH aumenta y la estructura se destruye, por lo que el medio se hace asfixiante para las plantas y el suelo pierde estructura.

La llanura aluvial del río Tehuacán, se encuentra enclavada en una depresión, lo que favorece los escurrimientos de las pequeñas elevaciones que rodean este valle.

La pérdida de agua se ha visto reducida, debido al manejo del agua que ha ejercido el hombre sobre esta zona, sometidos a una agricultura intensiva. Logrando que en algunas regiones, sobre todo en donde el declive de las laderas es más pronunciado, existan aún importantes extensiones, de bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978) más o menos conservado, aún cuando, casi por todas partes se nota la influencia del ganado, de los incendios y de la tala.

El impacto de las actividades humanas sobre el bosque espinoso ha sido muy importante, ya que muchos terrenos cubiertos por mezquital y por algunos otros tipos de bosque espinoso, cuyos suelos eran buenos para la agricultura de temporal e inclusive de pequeño regadío han sido desmontados.

Por lo cual, en relativamente poco tiempo se eliminó el bosque espinoso, por lo que la vegetación original ha ido desapareciendo rápidamente hasta que, en la actualidad sólo quedan vestigios de ella.

La llanura aluvial del río Tehuacán es considerada como un Gran Paisaje, ya que agrupa a 5 Paisajes que se describen a continuación y que son la base para la separación de unidades morfoedológicas (Figura 4).

La base de este mapa es la leyenda morfoedológica (Cuadro 1), que permite a partir de ella elaborar un plan de manejo y conservación de suelos, tendiente a un ordenamiento

territorial, para el mejor aprovechamiento de los suelos de zonas áridas, de los cuales los estudios de suelos son escasos.

#### LLANURA ALUVIAL DE PIEDEMONTES

Es el resultado del transporte y deposición de sedimentos finos, bajo una selección granulométrica de las diferentes corrientes que llegan al río Tehuacán, lo que ha permitido el desarrollo de un suelo profundo, caracterizado por presentar un epipedón Ócrico siendo éste un horizonte grueso, de color gris rosado, posee un buen porcentaje de materia orgánica, que ha permitido el desarrollo de una estructura subangular, con una textura migajón arcillosa, profundo, bien drenado y se ha desarrollado un horizonte argílico debajo del horizonte ócrico, dando lugar a los Haplargid, por lo anterior, este suelo permite la retención óptima de agua y nutrientes, favoreciendo así su aprovechamiento para actividades agrícolas.

Por otro lado se asocia a otro suelo que presenta un horizonte cámbico que combinado con el horizonte ócrico forma un Haplocambid distribuidos en los ejes de sedimentación en el proceso de formación de los abanicos aluviales poco profundo con afloramiento de fragmentos rocosos (conglomerados). La poca precipitación pluvial y el régimen de temperatura, favorecen que se eleve la evaporación y con la textura migajón arenosa no permite que se retenga la humedad y continúe su desarrollo.

La combinación de estos suelos separados fisiográficamente pero relacionados geográficamente forman la asociación Haplocambid-Haplargid, para estas superficies de ligera a moderadamente inclinadas, bajo cultivos de temporal y en menor medida agricultura de riego eventual.

#### LLANURA ALUVIAL ALTA

Se formó por el transporte y acumulación de sedimentos finos, provenientes de la llanura aluvial de piedemonte al ser cortada por la corriente del río Tehuacán. Estos procesos han hecho que el suelo sea profundo y desarrollado, la estructura es subangular moderada, con dos horizontes A y B, bien diferenciados y textura migajón arcillosa.

Al ser un suelo desarrollado permite la suficiente retención de humedad, y el desarrollo de agricultura de riego y temporal. A pesar del desarrollo de suelo, este presenta una elevada concentración de sales solubles, reflejándose en el alto porcentaje de riesgo de adsorción de sodio (% RAS) que casi llega al límite establecido. Los suelos de este tipo, al presentar un mal manejo pueden transformarse de un suelo normal a un suelo salino y posteriormente en un suelo sódico, esta degradación química repercute directamente en sus propiedades físicas y químicas.

Los poblados de Altepexi y Zinacatepec quedan incluidos en esta unidad y casi toda esta unidad esta cultivada bajo riego y cultivos anuales, siendo la más productiva. Esta representado por la unidad Haplargids-Haplocambids, donde el suelo dominante es el primero y se extiende en toda la unidad, siendo el segundo en menor extensión y confinado a partes ligeramente elevadas en antiguos cordones de ejes de sedimentación cuando se formaba esta llanura.

## LLANURA ALUVIAL BAJA

La llanura se formó por procesos de acumulación de sedimentos tanto del río Tehuacán como por corrientes formadas en época de lluvia. En esta unidad sobresalen las características fluviales, es decir, presentan capas de sedimentos, que pudieron ser depositados en otra época o debido a un origen lacustre, acentuándose más en la parte este del Paisaje.

Estas condiciones hacen que los resultados de los análisis tengan un comportamiento fluctuante. El suelo tiene tonalidades rojizas, la tonalidad rojiza podría deberse a la presencia de lutitas o calcilutitas, así como a rocas metamórficas, que al sufrir una fragmentación tienden a formar una textura arcillosa o limosa.

El suelo presenta un alto valor de % RAS (12,5) el cuál llega casi al valor límite establecido (13%). El % RAS indica que a pesar del alto riesgo de adsorción de sodio que presenta el suelo, este no defloclula, debido probablemente a la elevada concentración de calcio, que actúa como floculante.

En esta zona, el exceso de cal que llegue a tener el suelo, formaría complejos de calcio, este al aumentar el pH se transformaría desde oxiapatita, pasando por la hidróxiapatita hasta la apatita carbonatada. Pero si al suelo le han agregado superfosfato como fertilizante, el superfosfato desprendería fluor, este unido con la apatita carbonatada se formaría fluorapatita, que es el fosfato más insoluble.

Además, la presencia de grandes cantidades de calcio en el suelo ocasiona que tienda a un desarrollo granular. Esta estructura no es debida la presencia de arcilla y de la materia orgánica, sino a la floculación del suelo por la presencia del calcio, estos agregados no son estables, por lo que son más susceptibles y por lo tanto más erosionables.

Estos resultados repercuten directamente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Queda incluido el poblado de Ajalpan en esta unidad de mapeo y es paralela a la corriente, siendo las partes mas bajas de la llanura aluvial y en un riesgo eventual de inundación por desbordamiento del río. Esta representado por la asociación Haplocambids-Calcigypsid, siendo una zona con problemas de sulfatos, pero no muy extensa.

## LLANURA ALUVIAL INDIFERENCIADA

Esta Llanura se ha desarrollado rodeando a una elevación aislada resultado de la acumulación y recibiendo aportes de esta elevación, por lo que su dinámica es compleja al tener aporte de dos fuentes de sedimentos.

Se formó por el transporte y sedimentación en el valle, provenientes de la meseta, la cual se localiza al oeste de éste paisaje, la cual fue vigorosamente sometida a disección. El suelo representativo de esta unidad no presenta estructura, su excesiva degradación, ha originado que parte de este paisaje sea considerado como un misceláneo erosivo, afectado por las condiciones de aridez que predominan en esta región, así como a la escasa vegetación, y baja precipitación, alta evaporación, y la explotación del suelo para la fabricación de tabiques, han hecho que sean terrenos abandonados y convertidas en basureros de las poblaciones cercanas.

La explotación excesiva del suelo, en un principio para pastoreo, posteriormente agricultura de temporal, y últimamente para tabiqueras, ha degradado este paisaje, originando un suelo

sin estructura, que sufre procesos de deflación constante, ocasionando procesos erosivos intensos.

Por lo tanto la cubierta vegetal principalmente la materia orgánica hasta cierto grado, es el factor que asegura la estabilidad y conservación del suelo. Esta unidad esta representada por la consociación de los Haplocambids, que son de naturaleza arenosa y profundos con un desarrollo incipiente.

### DEPRESIÓN LACUSTRE

Al sur del valle, se ubica una antigua depresión lacustre que pudiera haber sido una cubeta de decantación cuando la dinámica del río era diferente, actualmente presenta acumulación de sales y por tanto ha dado lugar a la formación de suelos con un horizonte argílico que con el paso del tiempo se ha convertido en un horizonte nítrico. Esta unidad esta representada por los Natrargids, con un Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) entre 13,1 y 15,3 y un Razón de Absorción de Sodio (RAS) entre 20 y 23.

### DISCUSIÓN

Realizar el levantamiento de suelos a nivel semidetallado en el río Tehuacán, Estado de Puebla, permitió conocer las características y propiedades de los suelos para después clasificarlos taxonómicamente con el Sistema Americano y determinar su potencialidad, así como su representación cartográfica de las unidades de mapeo de suelos, para asociarlas a las unidades geomorfológicas y determinar las unidades morfopedológicas que son unidades que permiten establecer la genesis del paisaje y por tanto la dinámica de los procesos para establecer las unidades de manejo de suelos.

Tomando como base las características del uso del suelo, la vegetación y los análisis de laboratorio, se concluye que los suelos todavía conservan su potencial productivo, a pesar del alto contenido de bases. El elevado contenido de sales puede eliminarse por medio de lavado del suelo, por medios químicos o agregándole constantemente materia orgánica. A pesar de encontrarse áreas que son susceptibles a la erosión, tienen uso agrícola y pecuario intenso, lo que necesitaría de control de erosión y manejo de suelos.

El levantamiento de suelos es una importante aportación en el conocimiento de terrenos agrícolas de zonas áridas de los municipios de Tehuacán, San Sebastián Zinacatepec, Ajalpan, Altepexi, San Gabriel Chilac y San José Miahuatlan. Deja evidente que con un buen manejo de suelos y aguas es posible aprovechar los suelos de zonas áridas en suelos productivos. También se ve la importancia de conservar la vegetación de las partes altas que rodean este valle, haciendo patente que los paisajes no se pueden analizar en forma aislada. Este estudio servirá como base para la elaboración del Programa de Manejo y Conservación de suelos en la zona, para la conservación de especies endémicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuanálo, C. H.** 1975. Manual para la descripción de perfiles en el campo. Colegio de Posgraduados, México.
- Elbersen G.W.W., Servio Tullo Benavides & P.J. Botero.** 1974. Metodología para los levantamientos edafológicos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.
- García, E.** 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México.
- INEGI.** 1984. Carta topográfica, escala 1:250,000, hoja E14-6 Orizaba.
- INEGI.** 1984. Carta efectos climáticos, escala 1:250,000, hoja E14-6 Orizaba.
- INEGI.** 1984. Carta geología, escala 1:250,000, hoja E14-6 Orizaba.
- Porta, J., M. López-Acevedo & C. Roquero.** 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Soil Survey Staff.** 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Zinck, J.A.** 1988. Physiographic ans soils, Soil Survey Courses. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.



**Figura 1.** Localización del área en estudio en el estado de Puebla, México.

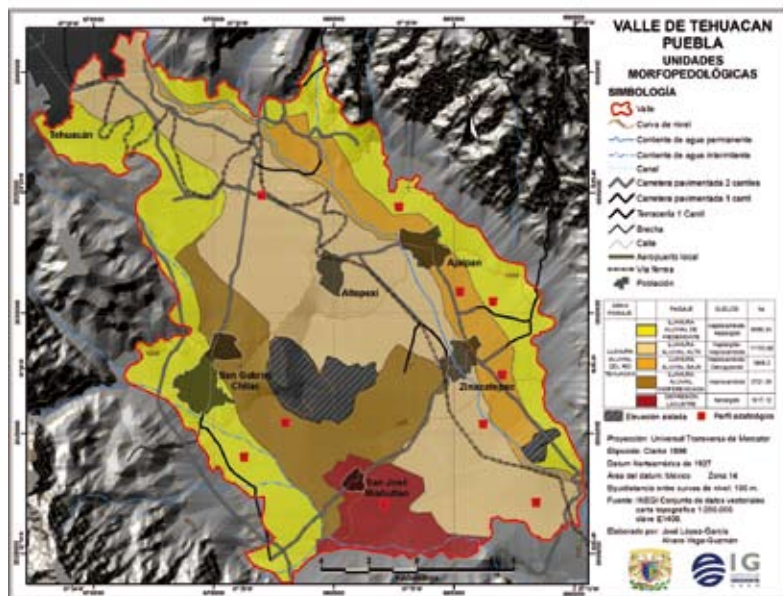


Figura 2. Imagen de Satélite Landsat TM5 del Valle de Tehuacán, Puebla, México.

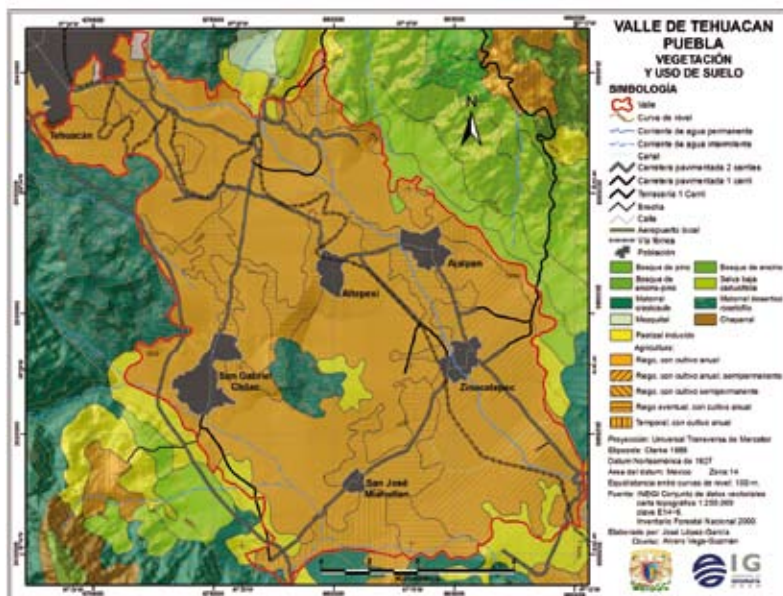


Figura 3. Vegetación y Uso del Suelo del Valle de Tehuacán, Puebla, México.

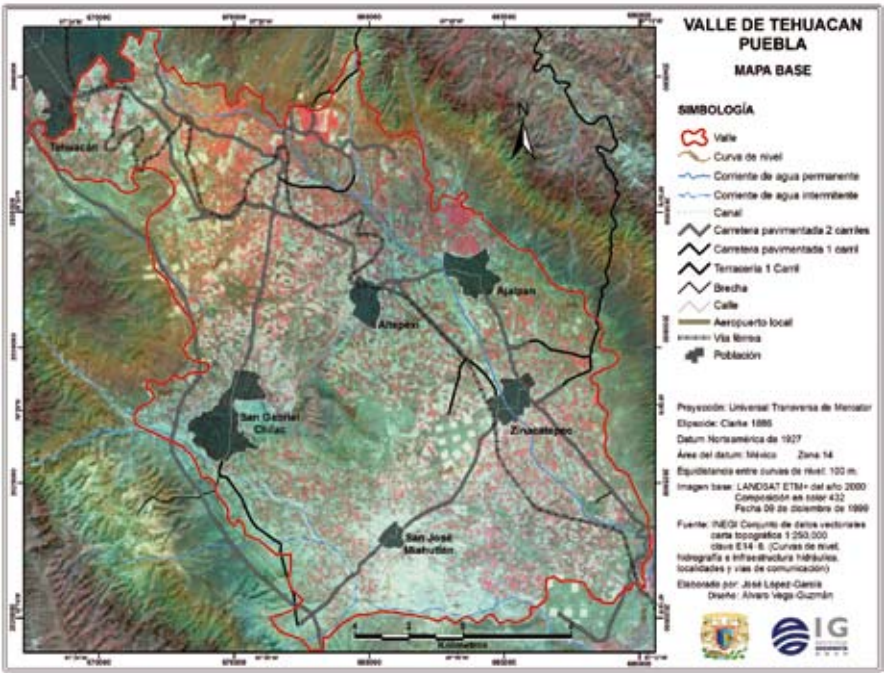


Figura 4. Unidades morfológicas del Valle de Tehuacán, Puebla, México.

Cuadro 1. Leyenda Morfológica.

| GRAN PAISAJE                     | PAISAJE                        | SUELOS                     | ha       |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------|
| Llanura Aluvial del Río Tehuacán | Llanura Aluvial de Piedemonte  | Haplocambids-Haplargids    | 8096,34  |
|                                  | Llanura Aluvial Alta           | Haplargids-Haplocambids    | 11153,92 |
|                                  | Llanura Aluvial Baja           | Haplocambids-Calci-gypsids | 1948,2   |
|                                  | Llanura Aluvial Indiferenciada | Haplocambids               | 3721,39  |
|                                  | Depresión Lacustre             | Natrargids                 | 1617,12  |

# Desertificación y disponibilidad de humedad en la cuenca del Río Conchos, México

ALEJANDRO ISMAEL MONTERROSO RIVAS<sup>1\*</sup>, JESÚS DAVID GÓMEZ DÍAZ<sup>1</sup>, JUAN ÁNGEL TINOCO RUEDA<sup>1</sup>,

JORGE DIONISIO ETCHEVERS BARRA<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

<sup>(2)</sup>Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

\*Email: aimrivas@correo.chapingo.mx

## RESUMEN

El presente estudio consistió en aplicar indicadores clave para evaluar y monitorear la desertificación, específicamente, edáficos; los cuales se actualizaron para evaluar el estado actual que guardan y se reconoció el comportamiento espacial de éstos en sitios representativos del Distrito de Riego Río Florido, en la cuenca alta del Río Conchos en el Estado de Chihuahua, México. El fenómeno de la desertificación es un proceso altamente dinámico y complejo resultante de factores antropocéntricos y naturales, como la sobreexplotación de la tierra, el pastoreo excesivo, la agricultura mecanizada y las prácticas inadecuadas de irrigación, entre otros. Algunos resultados encontrados señalan que la precipitación media anual disminuyó hasta en 8,4%; el déficit de humedad anual aumentó en las dos estaciones analizadas hasta en un 20% mientras que el estado actual del encostramiento y salinización del suelo aumentaron desde 1970 hasta el año 2000. Se aprecia además superficie con afloramiento de horizontes cementados o roca sólida y con afloramientos de sales.

Palabras clave: desertificación, déficit humedad, encostramiento, México, salinización.

## ABSTRACT

*The present study was driven to apply key indicators to evaluate the desertification process; which were updated to evaluate the current status and to assess the spatial behavior in representative places of the irrigated district of Rio Florido, River Conchos watershed, in the Mexican state of Chihuahua. The desertification is a highly dynamic process and resultant complex of anthropocentric and natural factors, as the natural resources abuse, excessive cattle pasture, mechanized agriculture and inadequate irrigation practices, among some others.*

*The results show that the annual precipitation shrinks in 8,4%; the annual moisture deficit increased at two meteorological stations in 20% whereas the current state of the consolidated and salinization soils increased from 1970 to 2000. It also were appreciated a shifting of case-hardened horizons or solid rock with salt shifts too.*

*Key words: desertification, moisture deficit, Mexico, salinization.*

El proceso de desertificación ha sido reconocido como la degradación de tierras en medios áridos, semiáridos y sub-húmedos, como resultado de varios factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas (UNCCD, 1994). Sin embargo, también se ha señalado como el proceso de disminución de la capacidad productiva de las tierras, en cualquiera de los ecosistemas climáticos del país (LDRS, 2001). El fenómeno de la desertificación es un proceso altamente dinámico y complejo resultante de factores antropocéntricos y naturales, como la sobreexplotación de la tierra, el pastoreo excesivo, la agricultura mecanizada, las prácticas inadecuadas de irrigación, la tala ilegal y excesiva de árboles, los incendios de matorrales y de bosques, y la deforestación debida al aumento de la población. Además de esas actividades humanas, se cree que hay toda una serie de factores climáticos que influyen en el proceso de degradación de la tierra (aridez durante todo el año, alta variabilidad de las precipitaciones, sequía reiterada, etc.) (Reynolds & Stafford Smith, 2002). La desertificación es un fenómeno realmente mundial que afecta a aproximadamente un 40% de la masa terrestre de nuestro planeta. Un 70% de todas las tierras secas están afectadas por la desertificación, con una superficie de 36 millones de kilómetros cuadrados. Los países menos adelantados son los más afectados por ese fenómeno, donde más de 1000 millones de personas en 100 países están afectados directamente por la desertificación, o corren peligro de estarlo (UNCCD, 1994). Varios estudios mencionan que la extensión afectada por este proceso varía entre un 49 y un 65% de la superficie nacional, afectando principalmente la región norte del país (SEMARNAT, 2005).

Rubio & Bochet (1998) así como Verón *et al.* (2006) mencionan la necesidad de establecer indicadores para el estudio de la desertificación. Los indicadores como información sintética tienen la capacidad de presentar el estado y las tendencias de un proceso tan complejo como es la desertificación. Los indicadores permiten determinar la extensión espacial y la distribución geográfica de las áreas degradadas y su posible relación con las actividades humanas así como las tendencias de degradación.

Por lo anterior, el presente estudio consistió en la aplicación de indicadores clave para evaluar y monitorear la desertificación, específicamente, edáficos; los cuales se actualizaron y evaluaron el estado actual que guardan y se reconoció el comportamiento espacial de éstos en sitios representativos del Distrito de Riego Río Florido en la cuenca alta del Río Conchos en el Estado de Chihuahua, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El Distrito de Riego “Río Florido” es parte de las áreas bajo riego asociadas a la cuenca del Río Conchos. La superficie del Distrito de Riego es de 42,015 hectáreas con Coordenadas geográficas extremas de 26° 33' 00" a 26° 51' 00" de Latitud Norte y 105° 04' 12" a 105° 13' 08" de Longitud Oeste. La altura máxima es de 1967 msnm la cual se tiene al suroeste y la cota mínima es de 1456 msnm asociada a la parte norte del cauce del Río Conchos. En la Figura 1 se muestra la ubicación de los seis puntos de muestreo en el área del Distrito de Riego del Río Florido sobre la imagen de satélite Landsat 7 ETM+ de fecha Noviembre 2001.

La geología dominante en esta área son los conglomerados del terciario asociados a las terrazas aluviales seguido por depósitos aluviales del cuaternario, en los valles cercanos al cauce del río existen algunas áreas con materiales del cretácico en donde dominan las calizas, seguidas de lutitas y areniscas así como una pequeña proporción tobas ácidas y riolitas del terciario (INEGI, 2004).

El clima dominante es el semiárido seco que cubre el 93,3% de la superficie y el resto es semiárido moderado con precipitaciones en el primero del rango de 300 a 400 mm anuales y en el segundo tipo climático de 400 a 500 mm anuales, la temperatura media anual está en el rango de 18 a 19°C, lo que lo ubica como semicálidos con oscilaciones extremas de temperatura (Monterroso & Gómez, 2003).

Los suelos dominantes son los Phaeozems cálcicos (42,8%), Calcisoles esqueléticos (31,5%), Leptosoles cálcicos (9,1%), Kastañozems haplicos (8,0%), Vertisoles calcaricos (4,3%), Fluvisoles calcaricos (2,5%) y Chernozems cálcicos (1,4%) (INEGI, 2007).

La agricultura de riego suma 4000 hectáreas que representan el 9,6% y la agricultura de temporal el 1%, el Pastizal natural representa el 49% de la superficie y el inducido el 7,1%, a lo largo del cauce del río se tiene vegetación de galería que representa el 3%. El resto es principalmente matorral desértico micrófilo, con algunas áreas de mezquite y huizachal, así como matorral rosetofo (SEMARNAT-UNAM, 2001).

## METODOLOGÍA

Se integró una base de datos georreferenciada y actualizada con las observaciones puntuales de los suelos existentes en las áreas de estudio y sus propiedades físico-químicas que sirvieron como indicadores. La base de datos comprendió cartografía topográfica y temática de escala regional: suelos, geología, vegetación y uso del suelo, imágenes de satélite. Los indicadores estudiados se relacionaron al polígono de suelo correspondiente. Para lo anterior se consideró la cartografía de suelos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se definieron los indicadores edáficos que muestran el estado actual de la desertificación del recurso suelo del área de estudio. Los indicadores edáficos aplicados fueron: 1) contenido de carbono orgánico y su dinámica, 2) aridización de suelo (cambio de régimen de humedad), 3) encostramiento (afloración de capas cementadas o duras y aumento en la densidad aparente), y 4) salinización.

Para el contenido de carbono se ubicaron sitios con datos reportados por INEGI (2007a) en donde se incluye el contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) en porcentaje y considerando la profundidad del suelo y la densidad aparente se estimaron los contenidos de Carbono en  $\text{Mg Ha}^{-1}$ .

Para la aridización del suelo se generó el escenario espacial potencial de las tendencias de la desertificación en las áreas de estudio en el cambio de régimen de humedad, considerando dos periodos, el primero a partir del año con información en las estaciones meteorológicas hasta 1990, esto de acuerdo al escenario base para estimar las razones de cambio con los modelos generales de circulación atmosférica (MGC) y el segundo periodo de 1990 en adelante hasta el año que cuentan con información las estaciones. Asimismo, se aplicaron

las razones de cambio de los Modelos Generales de Circulación Atmosférica GFDL y HADLEY para el escenario A2 y al 2050. Con la información climatológica adicional, generada de acuerdo al procedimiento descrito por Gómez *et al.* (2008), para cada periodo se estimó la Evapotranspiración Potencial (ETP) de acuerdo con Penman modificado por Monteith auxiliado con el programa CROPWAT ver. 2.1 (1991) para estimar el periodo de crecimiento como lo define FAO (1978).

Para el encostramiento y salinidad se delimitaron mediante sobreposición de la cartografía en formato digital sobre las imágenes multitemporales Landsat para los años 1970, 1980, 1990 y 2000 respectivamente. Para encostramiento se sobrepuso las áreas con suelos someros y altas pendientes, considerando las áreas con más alta posibilidad de presentar afloramientos de capas endurecidas por remoción del material superficial debido principalmente a la erosión hídrica y se delimitaron las áreas que aparecen desprovistas de vegetación y donde se aprecia que hay afloramiento de estratos endurecidos. Para la salinidad se obtuvieron las áreas que se delimitaron al sobreponer la cartografía en formato digital de las unidades de suelos, haciendo énfasis en los suelos con alto contenido de sales como los Solonchaks y otras unidades con fases salinas y/o sódicas, y la capa de pendientes, considerando las áreas con más alta posibilidad de presentar afloramientos salinos como son las más planas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de Carbono Orgánico del Suelo

De acuerdo a los datos reportados por INEGI (2007a) la superficie del Distrito de Riego del Rio Florido el contenido de Carbono Orgánico del Suelo menor a 1% representa el 65% y el resto del área tiene entre 1 y 2%. Considerando la profundidad del suelo y la densidad aparente, el porcentaje de la superficie con contenidos menores a 50 Mg Ha<sup>-1</sup> representa el 16,6% y en el rango de 50 a 100 Mg Ha<sup>-1</sup> la superficie es de 72%, de 100 a 200 Mg Ha<sup>-1</sup> es el 9% de la superficie y en el rango de 200 a 300 Mg Ha<sup>-1</sup> solo el 2,3%. Los contenidos más altos se asocian a suelos profundos y de materiales aluviales ricos en materia orgánica depositados por las corrientes de los ríos.

Los sitios en los que se evaluó este indicador fueron los identificados como 2, 3 y 5, cuyos valores se muestran en el Cuadro 1. En el punto 2 y 3 los valores originales reportados están en el rango de 0,5 a 1% y en el 5 de 1,5 a 2%. El contenido de COS en Mg Ha<sup>-1</sup>, en el punto 2 está en el rango de 20 a 30, y en el punto 3 y 5 en el rango de 70 a 80. Los resultados del análisis de las muestras que en el sitio 2 el contenido de COS fue similar en las dos profundidades muestreadas y se encuentran en el rango original reportado, en cambio el contenido de COS tiene un valor de 17 Mg Ha<sup>-1</sup> para la profundidad de 0 a 30 cm, considerando la densidad aparente sin piedras, valor menor que el reportado. Este sitio se ubica en la parte plana del valle intermontano aluvial asociado a la corriente fluvial, con agricultura de riego y suelos profundos. El sitio 3 se ubica en una terraza aluvial con poca pendiente con vegetación de matorral micrófilo y mezquite, el cual se usa como potrero. En este sitio el porcentaje y el contenido de COS (0,43% y 12,2 Mg Ha<sup>-1</sup>) fueron menores a los reportados originalmente. El sitio 5 se ubico en una terraza aluvial con laderas convexas de

lomeríos ondulados con 10% de pendiente, la vegetación corresponde a matorral micrófilo de cobertura media y uso para potrero. El porcentaje de COS en la capa que se muestreo (0 a 15 cm) fue de 1,55%, valores en el rango reportado por INEGI (2007a), los valores de COS fue de 4,0 Mg Ha<sup>-1</sup> para la profundidad de 0 a 15 cm, considerando la densidad aparente sin piedras, valor considerablemente menor que el reportado.

### **Aridización del suelo: Duración del periodo de crecimiento y balance de humedad**

Se usaron los datos de dos estaciones meteorológicas en la zona de estudio, Ciudad Jiménez con una altitud de 1382 msnm y Parral, Chihuahua con altitud de 1716, la primera con información de 1903 a 2003 y la segunda de 1921 a 2003. En el Cuadro 2 se presenta la información de temperatura, precipitación y ETP para las estaciones y la duración del periodo de crecimiento así como el balance de humedad para cada periodo (el escenario base que comprende información histórica hasta 1990 y el periodo comprendido después de 1990), y para los escenarios de cambio climático con las razones de cambio de los MGC descritos.

La variación de la temperatura media anual con información posterior a 1990, comparándola con el escenario base, aumentó en valores que van de 1, 1,8 y 2,3°C en Cd. Jiménez y de 0,7, 1,7 y 2,2 en Parral para el periodo de 1991 al 2003, al 2059 para el escenario A2 con el modelo GFDL y HADLEY, respectivamente. La variación de la precipitación fue de +3,0%, -5,8% y -3,3% en Cd. Jiménez y de -8,4%, -7,3% y -3,0% en Parral para los periodos indicados, respectivamente. La evapotranspiración potencial estimada aumentó en todos los casos de +3,4%, +7,2% y +8,8% en Cd. Jiménez y de +4,7%, 10,1% y +11,6% en Parral para los periodos señalados. La duración del periodo de crecimiento en Cd. Jiménez aumentó de 0 a 11 días en el periodo de 1991 al 2003, sin embargo se estima que vuelva a ser nula para el 2050 en los modelos utilizados. En cambio para la estación de Parral, este parámetro disminuyó 3, 9 y 2 días para el periodo de 1991 al 2003, al 2050 para el escenario A2 con el modelo GFDL y HADLEY, respectivamente. El déficit de humedad anual aumento en las dos estaciones en la siguiente proporción, 3,5%, 10,9% y 11,9% en Cd. Jiménez y de 12,2%, 20,1% y 20,0% en Parral para los periodos indicados, respectivamente.

### **Estado Actual del Encostramiento y Salinización del Suelo**

En el Cuadro 3 se detallan las áreas que se delimitaron en la sobreposición de la cartografía en formato digital de las unidades de suelos y pendiente en las imágenes de satélite. La superficie del Distrito de Riego del Río Florido con Leptosoles líticos, rendzicos y otras unidades con fases líticas o petrocalcicas conforman 14,832 hectáreas que constituyen el 35% del total (INEGI, 2007b). A pesar de que la resolución de las imágenes Landsat es variada, con mejor detalle en el año 1990 y 2000, se aprecia que la superficie con afloramiento de horizontes cementados o roca sólida, aumentó conforme pasó el tiempo de 1970 al 2000.

La superficie con unidades de suelo con problemas de sales se reportan por el INEGI (2007b) que comprende 559 hectáreas en donde dominan los Solonchacs cálcicos y algunas otras unidades con fases salinas. El área que se estimó con afloramientos de sales aumentó

de 1970 a 1990, con una disminución para el año 2000, situación que pone de manifiesto el incremento inicial de estas áreas y que posterior a 1990 probablemente se implementaron prácticas de recuperación de estos terrenos. No en todas las superficies afectadas por sales se da el proceso de acumulación superficial generalizada de sales y la afectación severa a los cultivos y/o vegetación natural, de tal manera que pueda ser identificado en las imágenes de satélite como áreas blancas brillantes, ya que del total de las áreas con fases salinas y/o sódicas (incluyendo a los Solonchaks), la superficie es considerablemente mayor que la delimitada con afloramientos salinos con pendientes de 0 a 3%.

Los sitios de muestreo para afloramiento de capas o estratos cementados fueron el 1 y el 4 en donde el sitio 1 correspondió a una ladera de Sierra baja de plegamiento con lomeríos ondulados en donde el material dominante es brecha calcárea con piedras de rocas calizas y capas cementadas por la precipitación de carbonato de calcio secundarios asociados al flujo laminar, la pendiente fue de 15 a 20%, afectado fuertemente por la erosión. La vegetación es de matorral micrófilo con cobertura abierta y bajo desarrollo, con un 20% de afloramiento rocoso y un 90% de pedregosidad superficial, en donde la capa de suelo llega a ser de 1 a 5 cm. El contenido de materia orgánica del suelo es alto de 4,2% a 9,3% el primero en zona abierta y el segundo bajo el dosel de arbustos que acumula mayor materia orgánica. La textura fue Franca arcillo limosa y Franca limosa, respectivamente. El sitio 4 se ubicó en una ladera convexa de un lomerío ondulado de terrazas aluviales en donde dominan los fragmentos de rocas calizas y en menor proporción fragmentos de riolitas y andesitas, la pendiente esta en el rango de 10 a 15% y la erosión hídrica es severa. La vegetación correspondió a matorral micrófilo con cobertura media y desarrollo bajo. La pedregosidad superficial fue de 90% con fragmentos redondeados y diámetros menores a 10cm. La rocosidad superficial fue nula, por lo que la apreciación de afloramiento de capa cementada correspondió a la alta pedregosidad, aunque los suelos tuvieron 33 cm de profundidad. El contenido de materia orgánica para ambas profundidades fue alto, de 3,2 % y 5,4% para 0 a 15cm y 15 a 33 cm, el cual se atribuye a los pastos que se desarrollan en estos terrenos con raíces abundantes, mismas que se renuevan cada año y se incorporan sus residuos al suelo. La textura del suelo fue Franco arenosa.

El sitio 6 se muestreo para evaluar la salinidad y correspondió a una zona plana del valle aluvial asociado a la corriente fluvial con una pendiente de 0 a 1%. La vegetación descrita fue de pastizal con matorrales micrófilos y mezquites dispersos con áreas sin vegetación aparente asociadas a la acumulación de sales en la superficie. Es un suelo profundo de textura arcillosa en donde la capa superficial (0 a 15 cm) presenta un elevado contenido de sales (CE en el extracto de saturación de 7,74 dS m<sup>-1</sup>) y un Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) muy alto (71%), lo que clasifica el suelo como Salino-Sódico con alto grado de desfloculación, lo que le confiere una permeabilidad muy baja, esperándose que en temporadas de lluvias se aneguen estos terrenos. Sin embargo en la capa de 60 a 75 cm estos parámetros clasifican como un suelo normal.

## CONCLUSIONES

El contenido de Carbono Orgánico del Suelos (COS), presenta un amplio rango en la Cuenca del Río Conchos, dominando los contenidos bajos (menores a 1%), los cuales se asocian a la baja incorporación de biomasa por la condición restrictiva en la disponibilidad de humedad. La superficie con contenidos mayores a 2%, representa menos del 10% de la Cuenca y se ubica en las áreas con precipitaciones más altas y vegetación natural de bosque de pino y/o encino.

De acuerdo a los reportes de las estaciones meteorológicas de los Distritos de Riego de la Cuenca, se observó un aumento en la temperatura en rangos de 0,4 a 1,3°C, en el periodo posterior a 1990, y una tendencia heterogénea en la precipitación media anual, con incrementos del 20% a decrementos del 50%, predominando los decrementos en valores del 10%. Esta situación genera una disminución en la humedad disponible para las plantas. En la mayor parte de los Distritos de Riego, la precipitación a lo largo del año no sobrepasa a la mitad de la evapotranspiración potencial, por lo que no existe humedad disponible para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos de temporal.

En los Distritos de Riego de la Cuenca del Río Conchos, en el análisis multitemporal de imágenes de satélite Landsat, la superficie con afloramientos de horizontes cementados prácticamente se ha duplicado de 1970 al 2000, como consecuencia de la remoción de los horizontes superficiales por erosión hídrica y/o eólica.

A pesar de que no en todas las superficies afectadas por sales se da el proceso de afloramiento generalizado de sales, en el análisis multitemporal de las imágenes de satélite Landsat, se apreció una duplicación de este proceso de 1970 al 2000.

Los indicadores edáficos de desertificación obtenidos en base a la información histórica reportada por algunas instituciones y con la información recolectada en campo permiten establecer tendencias para evaluar el estado de este proceso en las áreas del Distrito de Riego del Río Florido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAO, 1978. Report of the Agro-ecological Zons Proyect. Vol. 1 Metodology and Results for Africa. *World Soil Resources Report* 48. Rome. 158 p.
- Gómez, J.D., J.D. Etchevers, A.I. Monterroso, C. Gay, J. Campo & M. Martinez. 2008. Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmosfera* 21(1):35-56.
- INEGI. 2007a. Cartografía del contenido de carbono en el suelo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2007b. Cartografía de las unidades de suelo de acuerdo al sistema WRB. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- LDRS. 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. México.
- Monterroso, A.I. & J.D. Gómez. 2003. Escenarios climatológicos de la República Mexicana ante el cambio climático. Comisión Nacional de las Zonas Áridas- Universidad Autónoma Chapingo. 170 p.

**Reynolds J.F. & D.M. Stafford Smith. 2002.** Global desertification: do humans cause deserts? Vol. 88. Dahlem University Press, Berlin.

**Rubio J.L. & E. Bochet.1998.** Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environment* 39:113-120.

**SEMARNAT-UNAM, 2001.** Inventario nacional forestal de la República Mexicana (CD). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Universidad Nacional Autónoma de México. México.

**SEMARNAT, 2005.** Informe de la situación del medio ambiente en México, Compendio de Estadísticas Ambientales, México 380p.

**UNCCD, 1994.** Convención de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación y Sequía grave en países afectados por desertificación, en especial para África.

**Verón S.R., J.M. Paruelo & M. Oesterheld. 2006.** Assessing desertification. *Journal of Arid Environments* 66:751-763.

**Cuadro 1.** Datos de los análisis de laboratorio del suelo para determinar COS en los sitios 2, 3 y 5.

| Sitio | Pedregosidad<br>(% en base a peso) |          | DAP sin piedras Mg*m <sup>-3</sup> |          | COS<br>(%) |          | COS<br>Mg Ha <sup>-1</sup> |
|-------|------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|------------|----------|----------------------------|
|       | 0-15 cm                            | 15-30 cm | 0-15 cm                            | 15-30 cm | 0-15 cm    | 15-30 cm | 0-30 cm                    |
| 2     | 31,1                               | 22,7     | 0,76                               | 0,84     | 0,71       | 0,70     | 16,9                       |
| 3     | 10,1                               | 13,1     | 1,27                               | 1,06     | 0,43       | 0,25     | 12,2                       |
| 5     | 85,9                               | > 90     | 0,17                               | -        | 1,55       | -        | 4,0                        |

**Cuadro 2.** Variables climáticas, periodos de crecimiento y balance de humedad por periodos y modelos de cambio climático estudiados en estaciones meteorológicas del Distrito de Riego del Río Florido.

| Estación | Periodos / Modelos y escenarios              |             |             |                  |             |             |                  |             |             |                  |             |             |
|----------|----------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
|          | Hasta 1990                                   |             |             | 1991 a 2003      |             |             | GFDL A2/2050     |             |             | HADLEY A2/2050   |             |             |
|          | P<br>(mm)                                    | T<br>(°C)   | ETP<br>(mm) | P<br>(mm)        | T<br>(°C)   | ETP<br>(mm) | P<br>(mm)        | T<br>(°C)   | ETP<br>(mm) | P<br>(mm)        | T<br>(°C)   | ETP<br>(mm) |
| Jiménez  | 309,9                                        | 19,1        | 1404        | 318,8            | 20,1        | 1452        | 291,8            | 20,9        | 1505        | 299,6            | 21,4        | 1523        |
| Parral   | 484,6                                        | 17,6        | 1327        | 443,7            | 18,3        | 1389        | 449,3            | 19,3        | 1460        | 469,9            | 19,8        | 1481        |
|          | Periodos de crecimiento y Balance de humedad |             |             |                  |             |             |                  |             |             |                  |             |             |
|          | Hasta 1990                                   |             |             | 1991 a 2003      |             |             | GFDL A2/2050     |             |             | HADLEY A2/2050   |             |             |
|          | P de C<br>(días)                             | DEA<br>(mm) |             | P de C<br>(días) | DEA<br>(mm) |             | P de C<br>(días) | DEA<br>(mm) |             | P de C<br>(días) | DEA<br>(mm) |             |
| Jiménez  | 0                                            | 1093,6      |             | 11               | 1132,8      |             | 0                | 1212,8      |             | 0                | 1223,6      |             |
| Parral   | 97                                           | 842,0       |             | 94               | 945,1       |             | 89               | 1011,0      |             | 95               | 1010,8      |             |

P de C = Periodo de crecimiento; DEA = Déficit de humedad anual

Cuadro 3. Áreas con afloramientos de estratos cementados y afloramiento de sales.

| Pendiente (%)                                     | Año y Plataforma de imágenes                                      |                  |                 |                   |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|                                                   | 1970 Landsat MSS                                                  | 1980 Landsat MSS | 1990 Landsat TM | 2000 Landsat ETM+ |
|                                                   | Superficie con afloramientos de horizontes cementados (hectáreas) |                  |                 |                   |
| 3-15                                              | 172                                                               | 285              | 596             | 1201              |
| >15                                               | 92                                                                | 128              | 77              | 77                |
| Total                                             | 264                                                               | 413              | 673             | 1278              |
| Superficie con afloramientos de sales (hectáreas) |                                                                   |                  |                 |                   |
| 0-1                                               | 2                                                                 | 10               | 38              | 26                |
| 1-3                                               | 4                                                                 | 12               | 55              | 37                |
| Total                                             | 6                                                                 | 22               | 93              | 63                |

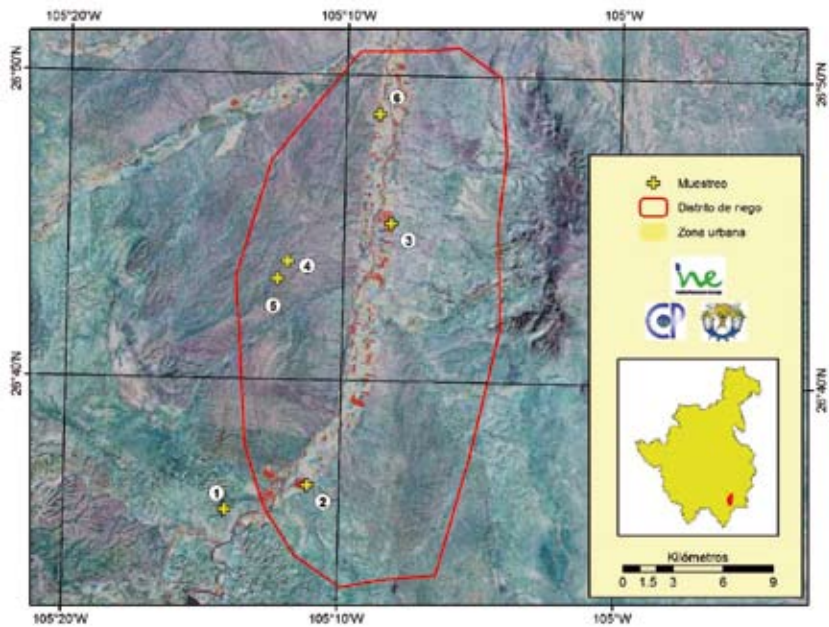


Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo de los indicadores edáficos para evaluar y monitorear la desertificación en el área del Distrito de Riego Río Florida.

# Posibilidades de la autogestión de recursos acuáticos comunes en el contexto maya

KONRAD BERGHUBER<sup>1\*</sup>, CHRISTIAN R. VOGL<sup>1</sup>, SILVEL ELIAS<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad de las Ciencias Agrícolas, Viena, Austria.

<sup>(2)</sup>Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

\*Email: k.berg@gmx.at

## RESUMEN

El presente artículo relaciona teorías sobre la gestión del agua de los mayas, sobre el conocimiento local en la gestión del agua, sobre recursos comunes y sus regímenes de propiedad y sobre instituciones de la autogestión de estos recursos comunes, y da una perspectiva de lo que se puede aprender de estas teorías para una autoorganización social. Los mayas clásicos de la península de Yucatán usaban distintas técnicas para gestionar el agua. El problema de abastecimiento de agua en el área de los mayas, tanto para su utilización agrícola como doméstica, es un tema relevante hoy en día. Se podría lograr una mejor gestión del agua cuando se tome en cuenta el conocimiento local, obtenido mediante experimentos y observaciones durante muchos siglos. El conocimiento local, indígena o ecológico tradicional de la gestión de recursos muchas veces se encuentra aplicado bajo regímenes de propiedad común al recurso. Para que funcione la gestión de recursos comunes bajo un régimen de propiedad común, que haber instituciones formadas por los/as agentes locales, que se deberían entender como acuerdos provisionales sobre cómo lograr llevar a cabo tareas. En relación al funcionamiento de sistemas autoorganizados en el uso de recursos comunes la actuación del régimen político es importante.

Palabras clave: conocimiento local, gestión del agua, maya, recursos comunes.

## ABSTRACT

*The present article links theory about Maya water management, local knowledge in water management, common property resources and its property regimes and about institutions for self-administration of common property resources and gives a perspective of what we can learn of this theory for a social self-organisation. The classic Maya people of the Yucatan peninsula controlled their water at least in three different ways by draining surplus water of inundated fields, conserving soil moisture and by collecting and storing water. They also used different techniques for practicing agriculture and managing water. The problem of water supply in the regions inhabited of Maya people both for agricultural and for household use is also a relevant theme nowadays. A better water management could be obtained if local knowledge, which was generated by experiments and observations during many centuries, would be considered. The local, indigenous or traditional ecological knowledge of resource management often is applied under a common*

*property regime on a resource. For a well-working management of common resources under common property regimes, the existence of institutions of the local resource users is necessary, which can be understood as provisional agreements of how to accomplish a task. With regard to well-working self-administration systems, the acting of the political regime around the self-administration is very important. In some irrigation systems in the region of the Ch'orti' Maya in the east of Guatemala nowadays a self-organisation of resources of the community does exist, which requires the participation of all community members.*

*Key words: common property resources, local knowledge, Maya, water management.*

El presente artículo relaciona teorías sobre la gestión del agua de los mayas, sobre el conocimiento local en la gestión del agua, sobre recursos comunes y sus regímenes de propiedad y sobre instituciones de la autogestión de estos recursos comunes y da una perspectiva de lo que se puede aprender de estas teorías para una autoorganización social. El interés de estas teorías en relación con el agua se deriva de que el agua es un factor clave para la supervivencia de los seres humanos y el agua siempre ha sido un recurso problemático respecto a su ocurrencia y su control en el área maya. Se puede vivir por semanas sin comida, pero solo unos pocos días sin agua. Como recurso natural y clave para la supervivencia de los seres humanos, el agua tenía y tiene una gran importancia política y económica. Wittfogel (1977) por ejemplo, deduce de lo que Estados antiguos han aprendido en la construcción de una infraestructura para la agricultura del riego la aparición de sistemas de soberanía autoritaria, que el llama “Estados hidráulicos”. Estos “Estados hidráulicos” como por ejemplo China, Egipto, Persia, Perú o México usaban su capacidad de organizar a su población aprendida en la construcción de la infraestructura para el riego, también para construcciones no hidráulicas como palacios, templos o carreteras, para crear grandes fuerzas armadas o para realizar un sistema de control e impositivo.

La importancia económica del agua se puede ver bien en tiempos de la globalización neoliberal<sup>1</sup> con el intento de comercializar casi todos los recursos y todas las partes de la vida para crear autonomía para los/as capitalistas y liberar el capitalismo de la tarea de garantizar prosperidad general (Schui, 2003). Con el actual cambio mundial del sistema capitalista hacia el neoliberalismo hay una discusión intensa, como se debe gestionar los recursos naturales como los recursos hidrológicos. En esta discusión se encuentran corrientes que proponen el Estado nacional como agente adecuado que debe gestionar los recursos (Lanz, 2006; UNESCO, 2003; Barlow & Clarke, 2002), mientras que otros/as favorecen el mercado capitalista con sus empresas privadas y orientadas al beneficio como protagonista para esta gestión (Aswathanarayana, 2001; Lee, 1999). Una tercera corriente sobre una gestión del agua sostenible, que sostienen entre otros/as Berkes (2003), Ostrom (1999) o Bromley (1992a) da interesantes ideas como una gestión y un control de recursos naturales aparte del estado nacional y del mercado capitalista podría funcionar. Según Ostrom (1999) existen en el mundo muchos ejemplos eficaces de la administración de recursos comunes que se basan en un sistema de autoorganización de los/as usuarios/as del recurso, que incluye instituciones

para realizar la autoorganización, y que muchas veces son mezclas múltiples de instituciones con afinidades al Estado y al mercado. Shiva (2003) da como ejemplos de la autogestión del agua comunidades en India, que siempre la han gestionado como un recurso común, con acceso público, administrado por la comunidad, que también la usaba.

El conocimiento local es importante en el contexto del concepto de la autogestión de recursos porque según Ostrom (1999) se puede reducir la inseguridad sobre un uso justo y sostenible de un recurso común, si se combina hábilmente el conocimiento científico y el conocimiento de la población local sobre este recurso. Dicho en otras palabras es necesario tomar en cuenta el conocimiento de una población local sobre la gestión del agua para realizar una gestión del agua, que esta adaptada a las necesidades de esta población local y a las realidades locales del recurso acuático. Actualmente tiene según Berkes & Folke (1998) la gestión de los recursos predominante, sea aplicada por un Estado nacional o por empresas privadas del sistema capitalista, como base un conocimiento científico, que tiene sus raíces en una visión del mundo, que basa en la conveniencia y la explotación, y la que supone, que los seres humanos dominan la naturaleza. La gestión científica de los recursos se ha desarrollado para utilizar eficientemente los recursos que existen supuestamente sin límites. Muy relacionado con el conocimiento aplicado en la gestión de recursos es el régimen de propiedad a un recurso natural común, que puede estar según Ostrom (1999), Bromley (1992b) o Feeny *et al.* (1990) un régimen de propiedad estatal, propiedad privada, propiedad común o un acceso abierto al recurso. El conocimiento local, indígena o ecológico tradicional de la gestión de recursos muchas veces se encuentra aplicado bajo de regímenes de propiedad común al recurso. Sistemas de la gestión de recursos bajo de regímenes de propiedad común al recurso dependen altamente de instituciones que organizan, administran y vigilan la gestión del recurso (Ostrom, 1999).

La relación de las teorías sobre recursos comunes, regímenes de propiedad y sobre instituciones y posibilidades de la autogestión de estos recursos comunes y la gestión del agua de los mayas se deriva de que el agua para ellos siempre ha sido un recurso problemático por el cambio de temporadas con lluvias con las sin lluvias, es decir por ser confrontados con un medioambiente, que requería una elaborada gestión del agua (Scarborough & Gallopín, 1991). Por eso los mayas desarrollaban distintas técnicas de la gestión del agua para sus ciudades Scarborough (1998, 1996, 1994), y también para la agricultura (Gill, 2000). El conocimiento local sobre la gestión del agua de la población actual del área maya y con eso su actuación en esta gestión podría ser influida con el conocimiento sobre las técnicas de la gestión del agua de sus antepasados/as.

## LA GESTIÓN DEL AGUA DE LOS MAYAS

Las investigaciones sobre la gestión del agua de los mayas se centran con excepciones actuales (Dari *et al.*, 1998) a los periodos preclásico tardío (400 a.n.e. - 250 n.e.) y clásico (250 - 900 n.e.) maya. El área donde viven los pueblos maya se encuentra totalmente en los trópicos, entre 14° y 22°N y entre 87° y 93°O. Así el área tiene aproximadamente una longitud de 900 km del norte al sur y de 550 km del oeste al este a lo largo de la división continental cerca a la

costa del océano Pacífico y se extiende 400 km hacia la península Yucatán. Casi la mitad del área de los mayas se encuentra en el México moderno, incluyendo la mayor parte de Chiapas y Tabasco y toda Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Además el área se extiende a todo Belice y Guatemala y a las partes del norte de Honduras y de El Salvador (Gill, 2000).

La gestión del agua prehispánica en las zonas bajas de los mayas daba énfasis a la recolección y al almacenamiento del agua en vez de su canalización y el desvío ampliamente difundido como en el altiplano mexicano y guatemalteco. Los mayas controlaban el agua por lo menos de tres maneras distintas, drenando el agua innecesaria de campos inundados, conservando la humedad del suelo y recolectando y almacenando el agua (Scarborough & Gallopín, 1991). Las zonas bajas de los mayas abarcan un mosaico complejo de una heterogeneidad fina a nivel local, con una variabilidad significativa de los paisajes entre las sub regiones. Por eso muchas adaptaciones en la agricultura se sucedieron localmente y eso también determinó la gestión de los recursos y del agua. Se puede ver muy bien esta heterogeneidad del paisaje en la disponibilidad del agua y consecuentemente en la distribución de los lugares arqueológicos mayas. Los mayas andaban grandes distancias para construir sistemas de depósitos artificiales o para establecer asentamientos cerca de recursos acuíferos (Fedick, 1996). El paisaje tropical de la península Yucatán también es caracterizado por suelos finos de carst, por lluvias temporales y erráticas y por la ausencia de recursos acuáticos naturales permanentes (Scarborough, 1998). Solo hay unos pocos lagos, y pocas lagunas de agua fresca, ríos pequeños costaneros, un número desconocido de aguadas<sup>2</sup>, unas pocas fuentes de agua, y a lo mejor unos cientos de Cenotes<sup>3</sup> y de *Chultunes*<sup>4</sup>. Como el agua subterránea mayormente era inalcanzable para los mayas por su profundidad, ellos dependían altamente de los recursos de agua superficiales para obtener agua potable (Gill, 2000; Matheny, 1976). Johnston (2004) distingue distintas fuentes que se puede encontrar en el área de los mayas que son fuentes de fallas, fuentes que se construyeron para explotar aguas subterráneas permanentes con una superficie no muy profunda, *Chenes*<sup>5</sup> y *Buk 'teob*<sup>6</sup>. Una función comparable a las *Buk 'teobs* probablemente tenían las fuentes revestidas de piedras, que se puede encontrar en el suelo de las Rejolladas que son dolinas secas (Kepecs & Boucher, 1996) en el noreste de Yucatán.

Los mayas usaban distintas técnicas para la agricultura y para gestionar el agua como fueron los campos drenados o elevados en combinación con canales (Pohl & Bloom, 1996; Lambert *et al.*, 1984; Siemens, 1983; Turner & Harrison, 1983; Turner & Harrison, 1981), las terrazas (Beach *et al.*, 2002; Dunning & Beach, 1994; Donkin, 1979), las presas (Beach & Dunning, 1997; Healy, 1983), las plataformas o campos elevados artificialmente y cultivos acuáticos (Turner, 1974). Según Turner & Harrison (1983) los mayas usaban campos drenados y campos elevados en combinación con canales en el "*Pulltrouser Swamp*", Belice, para cultivar en depresiones y terrenos ribereños. Lambert *et al.* (1984) identificaban campos drenados a lo largo del río Nuevo cerca del sitio de Lamanai en Belice, y Siemens (1983) extiende aún mas el área dentro de las zonas bajas mayas a las tierras húmedas a lo largo de los ríos Hondo y Nuevo en el norte de Belice y a las del río Calendaria en Campeche, México, donde supuestamente habían sistemas de campos elevados o campos drenados en combinación con canales. Investigaciones de Pohl *et al.* (1996) en el norte de

Belice en cambio indican, que los sistemas de canales en combinación con campos elevados no eran tan ampliamente extendidos en esta zona, como se pensaba antes, los cuales se encontraban sobre todo a lo largo del río Hondo. Muchos ejemplos de campos elevados resultaban como colinas elevadas naturales. Las tecnologías hidráulicas de la gestión del agua como son campos drenados y elevados les permitían manipular el agua de una manera, que los suelos de los campos no fueran inundados perjudicialmente ni quedaran secos durante el año. Esto creaba las condiciones para una agricultura durante todo el año (Turner & Harrison, 1983).

Las presas construidas por los mayas se encontraban en áreas rurales (Healy, 1983; Turner & Johnson, 1979) o en la estructura de las ciudades mayas (Beach & Dunning, 1997). Healy (1983) por ejemplo describe una presa maya encontrada en el distrito Cayo en el oeste de Belice de la que supone, que la presa podría haber servido para embalsar el agua que fluía o para proteger las fuentes del riachuelo del peligro del desagüe de barro por la construcción de un estanque encima de las fuentes, todo con el fin de abastecer los hogares del entorno de la presa con agua potable. Beach & Dunning (1997) describen otra presa encontrada en Tamarindito del departamento Petén de Guatemala, de la que suponen, que con el agua del depósito de la presa se podía regar los campos agrícolas de la zona. Además ellos piensan, que la presa y el depósito fueron construidos para asegurar un suministro de agua, para las residencias, y hacerlas a estas mejor defendibles, y proteger un manantial ubicado debajo de la presa. Sobre todo Scarborough (1998, 1996, 1994), Scarborough *et al.* (1995) y Scarborough & Gallopín (1991) investigaban la gestión del agua maya de sus ciudades. Scarborough (1996) escribe, que las aguadas y los depósitos pequeños, relativamente aislados formaban nudos, donde sólo se podían desarrollar hogares o comunidades pequeñas. Pero no había agua suficiente en estos sitios para experimentos urbanos. Por eso los mayas tenían que crear un ambiente, que permitiría la fundación de ciudades (Gill, 2000). Según Scarborough (1998, 1994) estuvo el periodo preclásico maya<sup>7</sup> marcado por sistemas pasivos de gestión del agua con micro cuencas cóncavas. Estas micro cuencas cóncavas estaban creadas por los mayas, aprovechando la pendiente de las partes bajas del terreno, para recoger la escorrentía de las precipitaciones y distribuirla a canales y depósitos construidos por los mayas. Así las micro cuencas cóncavas podían guardar el agua durante un periodo extenso, probablemente durante toda la temporada seca. Al final de la temporada preclásica tardía, ciudades como Cerros, Edzna o El Mirador tenían modificaciones de su ambiente como sistemas de canales, depósitos y diques.

La mayoría de las ciudades del periodo clásico maya<sup>8</sup> dependían de depósitos de agua del suelo, que tenían que ser llenados con agua de las precipitaciones, para abastecer las poblaciones de las ciudades con agua potable. Así las ciudades de los mayas de la época clásica funcionaban como montañas del agua, con un flujo del agua por gravedad y sistemas de depósitos, que eran situados en el pico de lomas naturales y de cerros. Por eso el factor principal para la selección y la planificación de las ciudades mayas de las zonas bajas era la posibilidad de realizar la canalización de la escorrentía, que bajaba desde pavimentos elevados a depósitos, drenajes modificados y al final a campos y a parcelas residenciales. Removiendo rocas y otro

material para construir sus estructuras, los mayas transformaban las canteras en depósitos y así se transformó sitios enteros donde se encontraban las ciudades mayas a micro cuencas convexas, que recolectaban y desviaban grandes cantidades de agua de las precipitaciones durante la temporada húmeda para la distribución y el consumo durante la temporada seca. Este sistema también podía almacenar el agua por periodos extendidos. El sistema de la gestión del agua del periodo clásico maya implicaba un control del recurso notablemente mejor, permitiendo una distribución controlada del agua por gravedad hacia las zonas residenciales en los lados de los cerros (Gill, 2000; Scarborough, 1998; Scarborough, 1994). Lo que realmente dio efectividad al sistema de micro cuencas convexas pavimentadas fue su dimensión. La escasez de lluvias, o incluso su ausencia durante dos o tres años, habrían tenido como consecuencia el abandono del sistema de estanques para el abastecimiento de un hogar, debido a que estos se habrían secado. En ciudades tan grandes como Tikal, esto no podía suceder (Scarborough, 1998; Beach & Dunning, 1997).

De la tesis sobre la gestión del agua de las ciudades mayas de Scarborough (1998, 1996, 1994, 1991), Ford (1996) y Lucero (2002, 1998) derivan la hipótesis de que las élites mayas ordenaron construir los sistemas de gestión del agua también para forzar a los/as campesinos/as mayas a vivir cerca de las ciudades grandes. Áreas con una población densa, donde la población estaba ligada a sus campos a causa de la tecnología existente, necesaria para su subsistencia, facilitan el ascenso de un poder político consolidado. Con estas condiciones los líderes pueden controlar más fácilmente el acceso a recursos claves. El monopolio de recursos dispersos es más difícil, por tanto también lo es ejercer el control sobre poblaciones dispersas (Lucero, 2002). Como estrategia para ligar a una población con un lugar se realiza por ejemplo inversiones en obras públicas, vistas estas como un factor clave para controlar a la población. Estas obras públicas incluyen obras hidráulicas tales como la construcción de instalaciones para regar, para uso doméstico y otros usos relacionados con la subsistencia (Ford, 1996). Según Wittfogel (1977: 240) efectuaban los líderes mayas mediante prestaciones personales tanto las construcciones hidráulicas como las no hidráulicas, haciendo uso de un gran volumen de mano de obra, normalmente no pagada.

En la zona baja sur del área maya, los/as antiguos/as reyes/reinas gobernaban desde centros cívicos-ceremoniales, situados en la selva de las tierras bajas, rodeados de campos arables. En esta zona, al haber una carencia de agua, era preciso realizar obras encaminadas a su captación y/o abastecimiento. Los líderes mayas se enfrentaron al problema de poner a los/as agricultores/as cerca de los centros cívicos-ceremoniales, donde ellos/as tenían el poder. En vez de poder concentrar a la población cerca de estos centros a causa de su dependencia de tecnologías agrícolas, las élites mayas encontraron la solución a este problema en controlar el agua como un recurso aún mas importante para todos/as. Tanto el control ejercido por los líderes sobre depósitos de agua durante la temporada seca junto con la celebración de ceremonias relacionadas con el agua, propiciaban que la población se concentrase en los centros cívicos y así disminuía la necesidad de construcción de propios depósitos para comunidades de áreas remotas (Lucero, 2002). Así el agua, al ser un recurso clave y escaso durante la extensa temporada seca, era manipulada políticamente por esta élite maya con la intención

de centralizar y controlar su utilización. Este control de un recurso clave como es el agua, que la población necesita directamente para su subsistencia, para una élite es una manera importante de la movilización eficiente de una población dispersa (Ford, 1996).

Johnston (2004) indica que las fuentes de fallas de las áreas centrales del oeste y del sudoeste de la zona baja de los mayas eran un recurso de agua importante, sobre todo para las poblaciones de zonas rurales. De la distribución dispersa de las fuentes en las zonas rurales, y de su relación con las ruinas de residencias sencillas, el deduce que hogares de personas, que no formaban parte de las élites, gestionaban estas fuentes. A diferencia del agua almacenada en depósitos urbanos centrales con el problema de su contaminación, Johnston (2004) supone que las fuentes de fallas abastecían los hogares rurales con agua potable, filtrada a su paso por la piedra caliza. Él, duda de la certeza de la hipótesis de Scarborough (1998, 1996, 1994), Ford (1996) y de Lucero (2002) de que en toda el área maya, la población que no formaba parte de las élites, para obtener el acceso al agua de los depósitos se veían obligadas a proveer a las élites superiores de productos y mano de obra que estos últimos transformaban en instalaciones ceremoniales, administrativas, militares y económicas, y que aumentaban más aún su poder. Él argumenta en cambio que las poblaciones que explotaban las fuentes, estaban menos predispuestas a pagar impuestos a la autoridad política hidráulica. Así, Johnston (2004) supone que allí donde podían, las poblaciones rurales se resistían al pago del impuesto de una autoridad central.

El problema de abastecimiento de agua en el área de los mayas, tanto para su utilización agrícola como doméstica, es un tema relevante hoy en día. Actualmente los depósitos mayas de la zona central de El Petén, Guatemala, por ejemplo siguen siendo los recursos de agua más eficientes en el área (Ford, 1996). Bernice Faust (2001) piensa que una forma eficiente de la gestión del agua y de su colecta hoy en día en el área maya, y sobre todo en la península Yucatán, podría resultar de una combinación entre las tecnologías mayas de sus periodos preclásico y clásico y las tecnologías modernas, en combinación con investigaciones científicas. Se podría lograr una mejor gestión del agua cuando se toma en cuenta el conocimiento local, obtenido mediante experimentos y observaciones locales durante muchos siglos. Instituciones que trabajan con comunidades mayas, deberían usar este conocimiento local de la población en el marco de sus proyectos, colaborando con las comunidades.

## EL CONOCIMIENTO LOCAL EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Mackinson & Nottestad (1998) designan el conocimiento local bastante amplio como el conocimiento no científico, que según ellos es un recurso de conocimiento muy abundante y muchas veces olvidado, y que tiene un potencial enorme para la gestión de recursos. Según Warren (1995) el conocimiento local es el conocimiento generado por observaciones del medioambiente local, poseídas por un cierto grupo de personas. El conocimiento indígena es el conocimiento local que tienen comunidades indígenas o ciertas culturas o sociedades, únicamente. Como diferencia, el conocimiento local tiene menos profundidad en el tiempo que el conocimiento indígena (Berkes & Folke, 2002). Berkes (1999) llama la parte del conocimiento indígena que se refiere a conocimientos ecológicos el conocimiento tradicional

ecológico. Este conocimiento tradicional ecológico está definido por él como un conjunto creciente de conocimientos, prácticas y creencias sobre la relación entre seres vivos y entre seres vivos y su medio ambiente, que ha sido desarrollado por un proceso adaptativo y ha sido transmitido a las siguientes generaciones por transmisiones culturales. La palabra tradicional se refiere aquí a la continuidad histórica y cultural pero tiene en cuenta, que las sociedades se encuentran en un proceso dinámico de cambios y definen de nuevo permanente lo que se considera como tradicional. Así el conocimiento tradicional ecológico es un complejo de conocimientos, prácticas y creencias incluyendo las tradiciones religiosas de una sociedad (Berkes, 2001).

Para reunir el conocimiento adquirido por una sociedad y transmitirlo de una generación a la próxima, todas las formaciones sociales han desarrollado sus propios métodos (Lalonde & Morin-Labatut, 1994). En sistemas de conocimientos ecológicos tradicionales por ejemplo los/as ancianos/as o las personas sabias tienen un rol importante en la memoria y transmisión del conocimiento de su sociedad. Otra manera que ayuda a personas de una sociedad a recordar las reglas de la gestión de sus recursos e interpretar el “*feedback*” de su medio ambiente, adecuadamente, son los mitos y los rituales (Berkes & Folke 2002). También sanciones de tipo religioso pueden transmitir conocimientos locales de una generación a la próxima y apoyar a la biodiversidad local, prohibiendo el uso de los recursos de ciertas áreas o la cosecha de ciertas especies (Berkes, 2001).

En la discusión actual sobre la filosofía que se debe aplicar para gestionar recursos naturales comunes y el agua especialmente, varios/as autores como Berkes (2003), Dietz *et al.* (2003a), Baland & Platteau (2000), Agrawal & Gibson (1999), Berkes & Folke (1998) o Lalonde & Morin-Labatut (1994) critican el uso único del conocimiento científico en la gestión de recursos y exigen tomar en cuenta más ampliamente el conocimiento local de poblaciones que usan un recurso. Agrawal (1995) por ejemplo destaca que por un lado tomar en cuenta el conocimiento indígena o conocimiento local significa poner menos atención en soluciones técnicas y centralizadas de programas de desarrollo. Por el otro lado es mejor juntar conocimiento científico y conocimiento indígena o local en vez de separar los dos. Según Berkes & Folke (1998) debe una gestión de recursos obedecer a principios fundamentalmente distintos a la gestión científica de los recursos, que se aplica mayormente en la actualidad. Eso por que se puede caracterizar la “gestión científica de recursos”, con la suposición básica de una estabilidad ecológica, como reglas y regulaciones, elaboradas por expertos técnicos, que trabajan muchas veces para una burocracia central, e implementadas por agentes, que no son usuarios/as propios/as del recurso. Ambos grupos de personas, no tienen un conocimiento de la situación o de las necesidades locales (Berkes *et al.*, 2000). Muchas veces las políticas o los programas aplicados desde arriba hacia abajo, que ignoran las necesidades y las prácticas locales, contribuyen a la erosión de estrategias de la gestión de recursos tradicionales, sostenibles y a debilitar la estructura social de comunidades locales (Lalonde & Morin-Labatut, 1994).

Una razón del por qué conceptos de la gestión de recursos naturales como el agua a un nivel local están en oposición a sistemas de la gestión de recursos a base de un conocimiento científico, es según La Bianca (2006), que sistemas locales normalmente funcionan sin

influencia de un Estado central y contradicen aquí el concepto central de cada Estado de la obligación a la obediencia del/de la súbdito/a al Estado. Sistemas locales del abastecimiento con agua normalmente no aumentan la dependencia de la población a un Estado central. Por eso soluciones del abastecimiento con agua a un nivel local y con ellos el conocimiento local de la población muchas veces están menos validas en la percepción de las autoridades o burócratas estatales y no se toma en cuenta estos conceptos y este conocimiento cuando se plantea sistemas locales del abastecimiento con agua. El no tomar en cuenta del conocimiento local en la planificación e introducción de sistemas locales de aprovisionamiento de agua, por un gobierno local o nacional o por ONGs puede según Gonzáles Andricaín (2006) tener como consecuencia que estos sistemas no funcionen, que las comunidades no quieran usarlos en la manera prevista o que los sistemas pueden dañar a la propia comunidad. Lauri (2006) formula las lecciones aprendidas por varios fracasos de la implementación de sistemas del abastecimiento con agua desde afuera en forma más general, describiendo que estos sistemas son planificados, mantenidos y sostenidos mejor cuando se incluye a los/as futuros/as usuarios/as con su conocimientos y sus necesidades en el proceso de la elaboración de sistemas locales del abastecimientos de agua.

Berkes *et al.* (2000) usan el concepto de la resiliencia<sup>9</sup> en el debate sobre la filosofía de la gestión de recursos. Ellos/as opinan, que se puede ver sistemas del conocimiento ecológico tradicional, como sistemas de la gestión de recursos desde el punto de vista de la resiliencia. Viendo sistemas de la gestión de recursos basados en el conocimiento local desde el punto de vista de la resiliencia les da peso en comparación con sistemas de la gestión de recursos basados en el conocimiento científico. Tengö & Hammer (2003) piensan que un conocimiento local, acumulado por una gestión de recursos y basado en la experiencia por intentar y fallar durante siglos es un requisito para conservar oportunidades y lograr una gestión de un recurso local de la manera adaptativa<sup>10</sup>. Sin embargo, si la gestión del recurso sólo se basa en el conocimiento local que viene de la experiencia, un sistema social-ecológico de gestión podría volver al sistema menos preparado a cambios. Dicho en otras palabras es muy importante mantener la posibilidad de obtener y filtrar ideas y conocimientos nuevos de otras regiones para mantener con vida un sistema de gestión de recursos naturales. Así una manera para que un sistema local de gestión de recursos quede adaptativo es estar abierto a ideas desde afuera, pero sólo aceptar cambios que armonizan con el sistema original de la gestión del recurso. El conocimiento local existente puede poner a disponibilidad un filtro necesario de las ideas que entran desde afuera al sistema local (Berkes & Folke, 1998).

Según Lalonde & Morin-Labatut (1994) distintas sociedades también han adoptado con éxito tecnologías de sus vecinos/as, introduciéndolas en su medioambiente y adaptándolas a sus sistemas sociales y culturales. Las técnicas, los datos y los procesos que forman el conocimiento adaptado resultan, otra vez, de observaciones y de actuar probando y fallando por generaciones. Lo que funciona es integrado al sistema del conocimiento local. Si se logra así combinar conocimientos o informaciones de distintos sistemas de conocimientos se puede elaborar mejores sistemas de gestión de recursos naturales (Berkes & Folke, 1998). Eso porque en un mundo cada vez más conectado y más dominado por los seres humanos,

sólo sistemas de conocimiento local ya no son suficientes para mantener un uso sostenible de los recursos naturales. Así, sistemas del conocimiento local por ejemplo pueden poner a disposición observaciones locales de cambios en un ecosistema durante un tiempo largo (Folke *et al.*, 2003).

## RECURSOS COMUNES Y REGÍMENES DE PROPIEDAD

Según Dietz *et al.* (2003b) son recursos comunes, recursos naturales o recursos hechos por los seres humanos, que tienen valor, están disponibles para más de una persona y están en peligro de disminución cuando están sobre usados. Recursos comunes tienen varias características propias como la “*excludability*”<sup>11</sup>, la “*subtractability*”<sup>12</sup>, y la “*jointness*”<sup>13</sup>. “*Subtractability*” es según Ostrom (1992b) una característica de cada unidad del recurso como litros de agua usados en un sistema de aprovisionamiento mientras que la “*jointness*” se refiere al total del recurso común. La “*jointness*” implica una “*rivalness*” de la consumación del recurso. “*Subtractability*”, “*jointness*” y “*rivalness*” ponen la atención en la relación que tiene el uso del recurso por una persona en referencia a los/as demás usuarios/as. Otras características de recursos comunes son la “*indivisibility*”<sup>14</sup>, la “*renewability*”<sup>15</sup>, “*scale*”<sup>16</sup> y finalmente los gastos de la medición<sup>17</sup> (Dietz *et al.*, 2003b; Ostrom, 1992b; Oakerson, 1992; Feeny *et al.*, 1990). De los recursos comunes hay que distinguir a los recursos públicos, como por ejemplo a las radios públicas en los que el uso de este recurso por una persona no disminuye la posibilidad de uso por otras personas (Dietz *et al.*, 2003b).

Un punto que también influye en el funcionamiento de la gestión de los recursos comunes es la heterogeneidad, que puede existir entre los/as usuarios/as de un recurso común. Esta heterogeneidad puede tener un efecto negativo en la cooperación entre los/as usuarios/as de un recurso común, puede debilitar las normas sociales y disminuir el efecto de las sanciones, que obligan a los/as usuarios/as de un recurso común a que actúen colectivamente y cumplan los acuerdos hechos; además afecta el funcionamiento de un sistema de gestión común de un recurso común tanto directamente como indirectamente, debilitando las instituciones creadas por los/as usuarios/as (Bardhan & Dayton-Johnson, 2003). Según Stern *et al.* (2003) muchos sistemas comunes de gestión de los recursos comunes han elaborado reglas de distribución de un recurso y de reparto de costos para lograr vencer el desafío de la heterogeneidad entre los/as usuarios/as de un recurso, mientras que en los sistemas centralizadas por el Estado nacional no lo han logrado.

Recursos comunes como recursos forestales, de agua, piscícolas, de pastos u otros recursos naturales pueden ser gestionados bajo distintos regímenes de propiedad. Ostrom (1999), Bromley (1992b) y Feeny *et al.* (1990) entre otros/as difieren aquí entre regímenes propiedad estatal, propiedad privada, propiedad común o acceso abierto al recurso. Cuando un recurso es propiedad de un Estado, los derechos al recurso son adscritos exclusivamente al gobierno de este Estado, que decide sobre el acceso y sobre la explotación del recurso (Ostrom, 1999). El Estado tiene la posibilidad de excluir a ciertos/as posibles usuarios/as según sus criterios de acceso al recurso (Feeny *et al.*, 1990). Nacionalizar recursos anteriormente gestionados bajo regímenes de propiedad común y añadirlos a un régimen de propiedad estatal puede

tener efectos muy negativos, a causa de la falta de instituciones eficaces en la gestión del recurso y que pueden ayudar a que se desarrolle el fenómeno de la “Tragedia de los Comunes” (Dietz *et al.*, 2003b). La “Tragedia de los Comunes” consiste en el sobreuso de un recurso y posiblemente en su extinción a causa de una sobre evaluación de los beneficios propios a corto plazo por un/a o más usuarios/as de un recurso. Los/as beneficiarios/as del sobre uso son sólo los/as usuarios/as que han sobreexplotado el recurso, mientras que los costos del daño o la extinción del recurso pagan todos/as los/as usuarios/as del recurso (Hardin, 1968). En el caso de la nacionalización de un recurso gestionado anteriormente bajo un régimen de propiedad común existe el peligro, de la ilegalización de instituciones indígenas o locales de gestión del recurso, existentes anteriormente, en vez de crear con el Estado un propietario único con intereses a largo plazo sobre el recurso (Dietz *et al.*, 2003b).

En regímenes de propiedad privada<sup>18</sup> existe el derecho de excluir individualmente a otros/as del uso o acceso al recurso, es decir que en estos regímenes el/la propietario/a de un recurso puede forzar a otros/as a salir de su propiedad e ir a otro lugar (Runge, 1992). Los sistemas de gestión de recursos bajo regímenes de propiedad privada parecen ser estables y adaptativos por su derecho, ampliamente reconocido, de excluir a la población restante del uso de este recurso. Sin embargo en estos sistemas muchas veces se hereda el derecho al uso de un recurso, excluyendo a los/as sin derecho a heredar el acceso al recurso (Bromley, 1992b). En el caso del agua la privatización del recurso o su introducción bajo un régimen de propiedad privada, es según Stadler & Hoering (2003) aún más difícil, que en caso de otros recursos, porque el agua es un monopolio natural. Por eso no tiene mucho sentido económico poner distintas redes paralelas del aprovisionamiento con agua y de eliminación de aguas servidas en una ciudad o una región. Además el agua no es un bien homogéneo como por ejemplo la electricidad, sino en cada región tiene un estado físico, químico y microbiológico distinto. Por eso es muy discutido ecológicamente conducir aguas de distintos orígenes por las mismas tuberías. Para Poupeau (2006) la privatización del abastecimiento de agua en ciudades crea sistemas binarios de abastecimiento, lo que se refleja en que los habitantes de zonas pobres de una ciudad están confrontados con la miseria de la escasez de agua y tienen que buscar soluciones colectivas para gestionar el problema de su abastecimiento. Los habitantes de las zonas ricas de una ciudad al otro lado obtienen el beneficio del sistema privatizado del abastecimiento de agua. También en regímenes de propiedad común<sup>19</sup> de recursos comunes se encuentran mecanismos de exclusión del uso de un recurso. Aquí no solo individuos tienen el derecho de excluir a otros/as del uso de un recurso, sino todos/as los/as usuarios/as excluyen a extranjeros/as del uso del recurso y regulan el uso del recurso por los miembros de la comunidad. Dentro de la comunidad los derechos a los recursos mayormente no son transferibles ni exclusivos sino son derechos de acceso y uso igualitario. En palabras de Runge (1992) existe en regímenes de propiedad común el derecho del uso común del recurso dentro de un grupo especificado de personas. En sistemas de gestión de recursos comunes además se encuentra el problema de la regulación del uso del recurso y del acceso a este por parte de los/as usuarios/as. Por eso en regímenes de la propiedad común los grupos sociales diseñan, utilizan y adaptan mecanismos ingeniosos para adjudicar derechos entre los/as usuarios/as (Feeny *et al.*, 1990).

Bromley (1992a) escribe qué regímenes de propiedad común de recursos naturales comunes tienen a veces menos éxito en la exclusión de individuos del uso de un recurso a causa del tamaño del grupo, que usa el recurso y lo autogestiona. Berkes & Folke (1998) piensan por el otro lado que bajo regímenes de propiedad común de gestión de recursos una exclusión exitosa es la regla en vez de la excepción. Así muchos recursos, que son usados por las comunidades, no tienen acceso abierto para todos/as posibles usuarios/as, sino son usados según convenios comunales sobre los derechos a la propiedad. Eso quiere decir, que muchas veces existen reglas que respetan el acceso y el uso común del recurso. En comparación con la gestión de recursos bajo regímenes de propiedad privada, recursos gestionados bajo un régimen de propiedad común no tienen el riesgo de terminar dispersados y que no puedan sobrevivir económicamente a causa de su tamaño pequeño, sino sus usuarios/as buscan caminos como integrar a una población creciente en el uso del recurso.

Si un recurso común tiene un acceso abierto<sup>20</sup> para todos/as los/as usuarios/as posibles, una “Tragedia de los Comunes” (Hardin, 1968) podría ocurrir. Entonces hay que solucionar el problema de la exclusión de personas del uso del recurso para evitar este fenómeno, lo que puede llevar a la reintroducción de regímenes anteriores de propiedad de un recurso. Eso porque la “Tragedia de los Comunes” ocurre muchas veces después de permitir un acceso abierto a un recurso, a causa de la destrucción de regímenes existentes de la propiedad común del recurso, por ejemplo con la introducción de leyes coloniales. Antes de la introducción de un nuevo régimen de propiedad sobre un recurso común por una autoridad externa como un Estado nacional hay que investigar el régimen local existente. Si no hay un conocimiento profundo sobre el régimen existente de la gestión del recurso es probable, que las reglas introducidas desde afuera están en un contraste fuerte a las existentes y por eso estén visto por la población local como ilegítimos (Dietz *et al.*, 2003b).

Stern *et al.* (2003) piensan que la “Tragedia de los Comunes” sólo ocurre si existen condiciones especiales en la gestión de un recurso común. Para ellos/as una razón para el sobreuso de un recurso es la imposibilidad de comunicación entre los/as usuarios/as de un recurso común y la imposibilidad para ellos/as de elaborar confianza hacia las instituciones creadas para la gestión del recurso común. Estas condiciones sin embargo no son muy típicas en la realidad, donde es más probable que los/as usuarios/as pueden comunicarse entre ellos/as y pueden generar confianza hacia las instituciones de gestión del recurso. Bajo estas condiciones no es seguro pero es probable que los/as usuarios/as cumplan distintas reglas de la gestión del recurso, y mantengan el recurso y los beneficios que obtienen de su uso de una manera sostenible.

## INSTITUCIONES PARA LA AUTOGESTIÓN DE RECURSOS COMUNES

Para que funcione la gestión de recursos comunes bajo un régimen de propiedad común tiene que haber instituciones formadas por los/as agentes locales, que se deberían entender como acuerdos provisionales sobre cómo lograr llevar a cabo tareas (Ostrom, 1992a). En el mundo se puede encontrar una gran diversidad de instituciones de propiedad común y de acuerdos sobre los derechos a la propiedad, especialmente en sistemas de gestión de

recursos tradicionales y enraizados históricamente (Berkes & Folke, 1998). Las instituciones de propiedades comunes pueden ser estables durante un tiempo largo como un siglo. Al mismo tiempo las instituciones estables pueden permitir a los/as usuarios/as de un recurso cambiar reglas de menor importancia como modalidades del uso de un recurso dentro del marco de la institución en tiempos mucho más cortos que la existencia de la institución (Davidson-Hunt & Berkes, 2003). Instituciones de propiedades comunes son los que Ostrom (1992b) también llama “organizaciones de apropiadores” que pueden ser, en un extremo, reuniones informales y ocasionales, donde los/as usuarios/as de un recurso discuten cómo sus estrategias individuales del uso del recurso afectan a otros/as, o como al otro extremo instituciones bastante formales que tienen reglas escritas que determinan los derechos, las obligaciones y los procesos para elaborar decisiones vinculantes para los/as usuarios/as del recurso. Una institución de propiedades comunes puede ser una comunidad, que está gobernado democráticamente o por una persona poderosa. También una unidad de un gobierno local, donde los/as usuarios/as de un recurso eligen a sus representantes, puede funcionar como una institución de un recurso común (Ostrom, 1992b).

Una institución de un recurso común es más estable si sus miembros pueden hacer quejas ante instituciones externas como tribunales o cuerpos administrativos, para excluir a otros/as del uso del recurso común. Además, una institución de un recurso común sobrevive mucho más probablemente durante un tiempo largo si tiene algunas reglas sencillas del uso y acceso al recurso, si todos/as los/as usuarios/as pueden forzar a otros/as a cumplir las reglas que tiene la institución o si la estructura de la institución contiene mecanismos adaptativos para cambiar a la institución, debido por ejemplo a circunstancias externas. También es ventajoso para la supervivencia de una institución que los/as usuarios/as del recurso tengan derechos de propiedad legales al recurso común, que la institución forme parte de un conjunto de instituciones más grandes, en donde la institución está percibida y reconocida como institución legal y que la institución no está sujeta a cambios bruscos de fuera de la institución (Ostrom, 1992b).

Un problema con lo que se está confrontado en la gestión de recursos comunes bajo de un régimen de propiedad común son los *free-riders*<sup>21</sup>. Los *Free-riders* pueden aparecer cuando no es posible o solo con dificultades excluir a personas del uso de un recurso común y tampoco se puede forzarlas a contribuir a los gastos de la explotación y del mantenimiento del recurso. Los gastos de la exclusión de posibles usuarios/as del recurso muchas veces dependen de la tecnología existente. Actuar como *free-riders* puede causar el fenómeno de la “Tragedia de los comunes”. Este fenómeno ocurre cuando al actuar como un *free-rider*, es decir al usar un recurso sin tomar responsabilidad en el grupo de los/as usuarios/as, se retorne a una estrategia dominante de los/as usuarios/as del recurso (Dietz *et al.*, 2003a; Runge, 1992). El problema de *free-riders* se puede resolver según Dietz *et al.* (2003b) si las reglas de la gestión del recurso en uso toman en cuenta los gastos y beneficios sociales del uso del recurso. En otras palabras sí existen instituciones de propiedad común, que funcionan bien, a nivel de una comunidad o de un grupo que gestiona y usa un recurso, el problema de *free-riders* puede volverse controlable. Eso por que las instituciones de propiedad común pueden

ayudar que el uso común del recurso de resultados beneficiosos para todos/as los/as usuarios/as, asegurándoles, que una masa crítica de otros/as usuarios/as está cooperando con las reglas de la institución. Esta seguridad puede hacer cooperar también a otros/as usuarios/as del recurso (Runge, 1992). Eso lleva a Runge (1992) a la conclusión que es mejor dejar a los/as usuarios/as de un recurso común crear sus propias reglas de la propiedad en vez de forzarles a obedecer reglas impuestas desde afuera. La ayuda desde afuera de la comunidad o del grupo es necesaria para cambiar las reglas de la gestión de un recurso, cuando las propias reglas de los/as usuarios/as de un recurso o los instrumentos para hacerlas cumplir, fracasan.

Según Ostrom (1992b) individuos, que usan un recurso común, cambian sus estrategias individuales de uso de este recurso hacia estrategias colectivas, que son más costosas que las estrategias individuales, si ellos/as tienen en mente varios puntos. Estos puntos son la conciencia común de que las estrategias individuales dañan seriamente un recurso, que es necesario para la supervivencia de sus usuarios/as y que existen estrategias colectivas, que pueden reducir el riesgo de dañar el recurso común. También es importante que los/as usuarios/as pueden confiar en que los/as demás, también, cambiarán sus estrategias individuales cuando prometan hacerlo y que los gastos para las decisiones sobre futuras estrategias colectivas serán menores en comparación con los beneficios que ponen estas estrategias colectivas a disposición de los/as usuarios/as del recurso. Volviendo de los individuos a los grupos de personas que gestionan un recurso común, también se ha descubierto que probablemente las reglas y el control desde afuera del sistema, en el que las personas actúan de una manera colectiva puede inhibir la actuación colectiva. Sobre todo en sistemas en las que los/as protagonistas pueden comunicarse, las normas elaboradas por ellos/as dirigidas a estimular acciones colectivas funcionan mejor que las normas, la vigilancia y las sanciones impuestas desde afuera. Además, aparenta que las normas elaboradas por los/as mismos/as protagonistas tengan cierta fuerza en estimular el crecimiento del deseo de actuar en forma colectiva a través del tiempo. Por el otro lado, cooperaciones implementadas por reglas creadas desde afuera desaparecen muy rápido (Ostrom, 2000).

Las instituciones para una autogestión de un recurso común tienen sus propias estructuras para poder funcionar como deberían, pero según Stern *et al.* (2003) no existe un diseño único de instituciones de gestión de recursos comunes. Ostrom (1999, 1992a) piensa, que unos límites claramente definidos, la equivalencia proporcional entre beneficios y costos del uso del recurso, normas de elección, la supervisión, sanciones graduales, mecanismos para resolver conflictos, el reconocimiento mínimo del derecho a la autoorganización de los/as usuarios/as, pueden ser elementos clave para las instituciones de la autogestión de recursos comunes. En el caso que los recursos comunes formen parte de sistemas grandes (en territorio y/o usuarios/as), la autora añade como último principio la existencia de empresas conectadas entre sí, que realicen actividades de administración en los distintos niveles de estos sistemas grandes de gestión de recursos relacionados.

Según Ostrom (1992a) deben ser claramente definidos tanto los límites del área del servicio como los individuos o familias con derecho a usar el recurso. Las reglas que especifican la cantidad del recurso, que puede usar un/a usuario/a deben ser relacionadas con las condiciones

locales y con las normas, que regulan las aportaciones en trabajo, materiales y/o contribuciones monetarias. En el caso de las normas, la mayoría de los individuos, afectados por estas normas de funcionamiento del sistema de la gestión de un recurso, deben ser incluidos dentro del grupo que puede elaborar y modificar estas normas. También debe haber supervisores, que pueden ser a la vez usuarios/as, que auditen activamente las condiciones físicas y el cumplimiento de las normas y responden ante de los/as usuarios/as. Los/as usuarios/as que violan las reglas del funcionamiento del sistema, serán susceptibles de recibir sanciones graduales, dependiendo de la seriedad y del contexto de la falta, por parte de los/as demás usuarios/as, de los/as funcionarios/as que responden ante éstos, o por ambos/as. Los/as usuarios/as y sus funcionarios/as deben tener acceso rápido a estructuras de fácil acceso para resolver los conflictos entre usuarios/as o entre éstos/as y los/as funcionarios/as. Además, es importante que los derechos de los/as usuarios/as para diseñar sus propias instituciones no sean objetados por las autoridades externas o del gobierno. Si los recursos comunes forman parte de los sistemas grandes, las actividades de asignación, aprovisionamiento, supervisión, sanción, resolución de conflictos y de gestión deberían ser organizadas en capas múltiples dentro de las empresas relacionadas entre sí.

Baland & Platteau (2000) piensan que los grupos de los/as usuarios/as deben ser pequeños, deben vivir cerca del recurso común y deben ser libres para poner reglas para el uso del recurso y su acceso. Además el recurso tiene que ser definido claramente y sus usuarios/as tienen que depender altamente del recurso. Las normas y las técnicas de la distribución del recurso y del control deben ser fáciles de entender y aplicar, además de correctas y tiene que haber un sistema de sanciones que funciona mejor, cuando se usa sanciones graduales, que dan una respuesta adecuada a la infracción. Por último los gastos para monitorear el sistema no deben ser altos, tiene que existir un sistema para la resolución de conflictos, que sea bien conocido entre las personas que gestionan el recurso y de bajo costo en su aplicación y que todas las decisiones claves deben hacerse públicamente.

Oakerson (1992) distingue las normas aplicadas para gestionar un recurso común como normas operativas, normas que representan acuerdos generales dentro de una comunidad sobre como gestionar un recurso común y acuerdos con agentes externos/as de la comunidad. Las normas operativas pueden limitar el uso del recurso de los/as distintos/as usuarios/as para mantener el beneficio que da un recurso durante el tiempo. También se necesita normas operativas para regular las conexiones entre posibles distintos usos de un recurso. Las normas operativas se derivan de los acuerdos generales dentro de una comunidad como gestionar un recurso común, estos acuerdos generales están establecidos por normas generales que limitan las posibilidades de los individuos de decidir libremente como usar el recurso común, lo que es posible en regímenes de propiedad privada sobre el recurso. Sin embargo los individuos que usan el recurso participan en el proceso de elaborar las normas del acuerdo general del uso del recurso. Decisiones tomadas fuera de una comunidad o fuera de un grupo que usa un recurso, como por ejemplo las leyes estatales, también pueden influir en la gestión de un recurso común por una comunidad. La conexión entre las normas de la comunidad y las normas elaboradas afuera es variable y oscila entre sólo establecer la capacidad de una

comunidad de obligarse a sí mismo a cumplir sus propios acuerdos generales y la dependencia de normas externas para hacer cumplir sus normas operativas.

Las normas operativas mismas de un sistema de gestión de recursos comunes, también pueden o no, según Ostrom (1992a) parecerse a las leyes formales que se expresan en la legislación nacional, en las regulaciones administrativas y en las decisiones judiciales. En algunos sistemas de riego, por ejemplo, las reglas operativas utilizadas por los/as usuarios/as del sistema difieren considerablemente de las regulaciones legislativas, administrativas o judiciales. La ausencia de leyes nacionales que regulen los derechos de propiedad del agua o las responsabilidades del mantenimiento de un sistema no significa *“per se”* la ausencia de normas eficaces para un sistema concreto. Los/as usuarios/as y los/as administradores locales pueden haber invertido tiempo y esfuerzo en el desarrollo de reglas de trabajo durante un largo periodo de tiempo. Las normas operativas pueden simplemente llenar las lagunas en un sistema general de leyes o en un caso extremo, pueden asignar derechos y obligaciones de facto que son contrarios a los derechos y a las obligaciones del sistema legal formal (Ostrom, 1992a).

Debido que las normas en uso no son iguales a las leyes o reglamentos escritos, dichas normas no son un fenómeno directamente observable a primera vista y por razón también son similares al conocimiento en uso, que tampoco es observable directamente y a primera vista. Solo se pueden observar las actividades que son organizadas por las normas en uso. Determinar qué normas están en uso es similar a determinar qué conocimientos están en uso. Las reglas o normas elaboradas dentro de un grupo social, generalmente obedecen a un conocimiento compartido, es decir, es a través del tiempo y del conocimiento que se tiene del medio natural que las normas en uso o las normas operativas aplicadas a la gestión de recursos se van adaptando, innovando o van decayendo según el entorno cultural en que se las analice. Por eso se dice que las normas utilizadas en una tradición cultural constituyen formas de conocimiento compartido (Reyna Contreas *et al.*, 1999; Ostrom, 1992a).

Los cambios en las regulaciones formales no se convierten automáticamente en cambios en las normas operativas en uso. Una nueva regulación podría aumentar, por ejemplo, enormemente las sanciones por el uso ilegal de agua, esto podría producir resultados totalmente diferentes de lo previsto, como ser, el abuso de esto por funcionarios/as para conseguir sobornos de los/as campesinos/as. En consecuencia, la norma en uso podría cambiar de tal forma que el desvío de agua considerado ilegal por las regulaciones formales podría continuar en la práctica por tanto tiempo como se realicen pagos ilegales a los/as funcionarios/as indicados/as (Ostrom, 1992a). Si las normas de la asignación del recurso funcionan de tal manera, que unos/as usuarios/as obtienen la mayoría de los beneficios, pero solo pagan una pequeña parte de los gastos, otros/as usuarios/as del recurso asumen actitudes menos comprometidas con el acatamiento de las normas. Muchos sistemas autoorganizados de gestión de recursos usan un sistema de sanciones graduadas, que depende de la seriedad y del contexto de la infracción. Siempre hay situaciones, en las que los/as participantes pueden interpretar de distintas maneras las normas elaborados conjuntamente, entonces se necesita maneras fáciles y rápidas para resolver los conflictos que surgen de las distintas interpretaciones de las normas, para que no se origine desconfianza entre la los/as usuarios/as de un sistema (Ostrom, 2000).

Para Ostrom (1992a) la formación de las instituciones no termina nunca, debido a la complejidad de la tarea de lograr que éstas se adapten a las combinaciones especiales de variables presentes en cualquier sistema en particular y también al cambio de muchas de estas variables a través del tiempo. En cualquier ambiente complejo y dinámico, es improbable, que el conjunto de normas en uso, tomado en un punto cualquiera de su desarrollo, haya alcanzado un nivel final óptimo. Esto es así, a pesar de que individuos altamente motivados podrían haber elaborado sus propias normas en el pasado. Así el sistema de gestión de recursos comunes nunca es realmente estable en el tiempo.

### LA GESTIÓN DE RECURSOS Y LA AUTOORGANIZACIÓN SOCIAL

En relación al funcionamiento de sistemas autoorganizados en el uso de recursos comunes, Ostrom (1999) destaca, que también la actuación del régimen político es muy importante. Así la actuación del entorno político puede tener efectos positivos para la autoorganización de los/as usuarios/as, sobre todo cuando el Estado apoya tendencias auto organizativas. Si por el otro lado el Estado no valida las normas elaboradas por los/as usuarios/as del recurso, esto podría provocar el fracaso de la auto administración del recurso y de su uso sostenible. También, la ubicación del recurso común y la eficiencia del régimen político influyen en el espacio que tienen los/as usuarios/as para cambiar autónomamente sus normas para el uso del recurso. Muchas veces el gobierno no otorga oficialmente a los/as usuarios/as del recurso una autonomía, sino la autonomía resulta sobre todo de la distancia del recurso al próximo centro administrativo o político. Usuarios/as de recursos comunes alejados disponen mayormente de una autonomía más amplia, que los/as que viven cerca de centros administrativos. La lejanía de un recurso de las autoridades de un Estado depende de la cantidad de funcionarios/as que emplea el gobierno, de la eficiencia de su aparato administrativo y político y de las posibilidades disponibles para la comunicación y el transporte. También la migración hacia dentro o afuera del sistema autoorganizado de gestión de recursos puede amenazar el funcionamiento del sistema, a causa de la pérdida de personas que contribuyen con recursos necesarios o a causa del adicionamiento de participantes al sistema, que no confían en los/as otros/as o no aprenden a respetar las normas sociales rápidamente (Ostrom, 2000).

Fuchs (2001) ve los procesos que llevan a la autoorganización de los pobladores en una forma más amplia, que sólo en referencia al uso y a la gestión común de recursos, y en un contexto que concierne a toda la sociedad. Él escribe que el capitalismo impide la autoorganización social, la que para él esta relacionada fuertemente con el fenómeno de “inclusiones sociales”<sup>22</sup>. En sistemas jerárquicos como por ejemplo en democracias representativas, no se elabora por los/as afectados/as de una manera colectiva la información social como las leyes o las normas sociales, sino por partes del sistema, jerárquicamente mas altos o desde afuera del sistema. Fuchs (2001) llama a este proceso “exclusión social”<sup>23</sup>. En sistemas óptimos de autoorganización no se encuentra exclusiones sociales a causa de la posibilidad de los individuos de participar en el proceso de la creación de normas sociales, en vez de elaborarlas bajo el dominio de unos/as sobre otros/as. Él piensa que si movimientos sociales emancipatorios, formados por personas con una conciencia claramente definida que va mas allá de

los principios del sistema capitalista y que muchas veces tienen su origen en las fisuras y en las grietas que tiene el sistema capitalista (Holloway, 2006), forman redes emancipatorias las que de nuevo forman redes de redes, etc. a partir de esto surge un encadenamiento de muchas capas y dimensiones entre estas y también un movimiento fuerte que es capaz de compensar las relaciones capitalistas existentes.

Graeber (2004) piensa que se puede encontrar, hoy en día, formas de autoorganizarse de una manera no jerárquica, con acuerdos entre personas y prácticas de ayudas mutuas, es decir maneras de una organización anarquista, tanto en sociedades occidentales como en sociedades contemporáneas no occidentales. Una organización anarquista, sin considerar su posible surgir en sociedades actuales, tendría entonces una variedad sin fin de comunidades, asociaciones, redes o proyectos a distintas escalas, que coincidieran de varias maneras. Para un posible cambio del sistema hacia una manera de organización anarquista, según Graeber (2004), no se necesita una revolución repentina como catalizador, sino esto puede ocurrir gradualmente, y desarrollarse de las distintas formas ya existentes de organización anarquista y de nuevas formas de interacción y organización social, durante un proceso largo y extendiéndose sucesivamente a todo el mundo. Aparte de los elementos autoorganizativos y no jerárquicos ya existentes en sociedades o movimientos sociales occidentales, muchas ideas para un cambio del sistema actual pueden llegar de sociedades no occidentales, que actualmente no funcionan como estados. Kaltmeier *et al.* (2004) destaca la importancia del conocimiento local, dentro de los movimientos sociales, en la creación por ellos mismos de espacios de acción. El conocimiento local cuestiona el conocimiento moderno homogéneo en los movimientos sociales, sean estos occidentales o indígenas.

## OBSERVACIONES FINALES

En el presente artículo se ha relacionado teorías sobre la gestión del agua de los mayas, sobre el conocimiento local en la gestión del agua, sobre recursos comunes como el agua y regímenes de propiedad y sobre instituciones y posibilidades de la autogestión de estos recursos comunes y se ha dado una perspectiva de lo que se puede aprender de eso para una autoorganización social. Las teorías juntas presentan la base teórica para investigaciones sobre la gestión del agua actual en comunidades indígenas mayas en Guatemala, el conocimiento local de la población sobre este recurso y su gestión y sobre la influencia de técnicas tradicionales mayas a la gestión actual del agua. Influencias de la cultura maya a la gestión de recursos por comunidades indígenas se expresan entre otros en el derecho consuetudinario en Guatemala. Yrigayen Fajardo (1999) escribe sobre el sistema del derecho indígena maya que cuando se habla de los sistemas indígenas con la relación al sistema estatal, no se está hablando de sistemas paralelos que nunca se tocan, sino de sistemas en interacción constante, con muchas influencias mutuas. El problema es que los sistemas indígenas están en una situación política subordinada y eso condiciona su funcionamiento, valoración y posibilidades de desarrollo.

Varios pueblos mayas así tienen distintas normas jurídicas propias, también relacionados con el agua. Para los *K'iche'* el agua es de su dios, por lo que la deben compartir. Si el agua está

en propiedad privada, basta con pedir permiso al/a la dueño/a para acceder a su utilización, pero quienes utilizan un nacimiento de agua tienen la obligación de cuidarlo y mantenerlo limpio, y quien no colabora de esta manera pierde el derecho a obtener el recurso. Cuando el interés por la utilización del agua es de una población en su conjunto, lo usual es comprar el terreno en donde se encuentra el nacimiento, con el fin de disponer su distribución por medio de cañería. Los recursos de agua que se encuentren en propiedad privada, se procede a negociar su utilización con el/la propietario/a. Si los recursos del agua se encuentran en tierras municipales, lo cual es frecuente, se pide permiso o licencia al/a la alcalde/za municipal, en este caso es usual, que se ceda gratuitamente su utilización a la localidad, a través de los comités pro-mejoramiento. En comunidades *Poqomchi'* se obtiene el recurso del agua por negociaciones sobre su utilización. Si el nacimiento está en tierras comunitarias, el agua se comparte. Para cuidar y administrar ese recurso existen comités específicos (Universidad Rafael Landívar, 1998).

La realidad jurídica-institucional del recurso hídrico actualmente es un laberinto, lo que ha ocasionado un caos en su gestión. La Constitución de Guatemala considera el agua como un bien público, de hecho se administra y usa el agua como un bien privado. La administración del agua tampoco cuenta con un régimen legal especial, sino se refleja en un sinnúmero de disposiciones sectoriales correspondientes a las atribuciones de los ministerios del Estado, de las instituciones descentralizadas y autónomas, las cuales no asignan a entidad alguna la gestión integrada de los recursos hídricos (Martínez *et al.*, 2004). Según el Código Municipal el abastecimiento domiciliario de agua potable es tarea de los municipios. Lamentablemente, las normas no siempre se aplican en las municipalidades, lo que hace que las comunidades se quejen de que no cuentan con asistencia técnica, ni financiera para mejorar, rehabilitar o ampliar sus sistemas de abasto de agua (Colom, 2005; Mutz, 2004). La negligencia estatal del abastecimiento con agua de muchas comunidades indígenas y la negativa del sistema de derecho indígena no sorprende cuando se tiene en mente el rechazo que tiene el Estado Guatemala contra su población indígena. Rojas Lima (1995) escribe aquí que desde el tiempo de la colonia la población indígena se encuentra en el fondo de la pirámide social de la sociedad guatemalteca. Las indígenas representan obreros/as explotados/as y/o personas echadas de su terreno que vienen de una cultura estigmatizada y que no tienen ninguna influencia directa a la política y a la sociedad guatemalteca. La estructura de la sociedad guatemalteca solo cambiaba parcialmente y sobre todo formalmente después de la independencia estatal. Hasta la actualidad las condiciones de vida de la población indígena, su origen y su pasado están ignoradas por las clases dominantes de Guatemala. Se supone que la negligencia estatal de las comunidades indígenas les hace desarrollar sus propios sistemas de la gestión del agua con las instituciones correspondientes, todo basado en el conocimiento local de la población.

Aparte de las dificultades de la población indígena de Guatemala con el Estado también el recurso de agua mismo sigue siendo un recurso problemático y difícil para controlar sobre todo para los/as campesinos/as mayormente indígenas de Guatemala. Un ejemplo de la problemática del agua en partes de Guatemala, lo dan Dari *et al.* (1998). Ellos/as describen

la región donde vive el pueblo maya *Ch'orti*, que se encuentra en el oriente de Guatemala en la frontera con Honduras y El Salvador. En esta región el agua es un recurso escaso, que se usa aparte para el aprovisionamiento doméstico, también, para el riego de cultivos de esta área. Sobre todo en la temporada seca, entre mayo y noviembre es problemático, porque muchas fuentes de agua se secan completamente, por lo que las mujeres sobre quienes recae la responsabilidad de recolectar el agua, deben caminar grandes distancias, de hasta cinco horas diarias para obtener la cantidad de agua que consume su familia. Pero también durante el periodo de las lluvias muchas fuentes de agua son insuficientes para abastecer las necesidades de la población local por su escaso caudal. En algunos sistemas de riego de esta área también se manifiesta la autogestión comunitaria de recursos, que requiere la participación de toda la comunidad (Dari *et al.*, 1998).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrawal, A. 1995. Indigenous and scientific knowledge: some critical comments. *IKDM* 3(3): 3-6.
- Agrawal, A. & C.C. Gibson. 1999. Enchantment and disenchantment: the role of community in natural resource conservation. *World devel.* 27(4): 629-649.
- Aswathanarayana, U. 2001. Water resources management and the environment. A.A. Balkema Publishing, Lisse.
- Baland, J.M. & J.P. Platteau. 2000. Halting degradation of natural resources. Oxford University Press, New York.
- Bardhan, P. & J. Dayton-Johnson. 2003. Unequal irrigators: heterogeneity and commons management in large-scale multivariate research. En: Ostrom, E. (ed.), *The drama of the commons*. 87-112. National Academy Press, Washington DC.
- Barlow, M. & T. Clarke. 2002. Blue Gold. The battle against corporate theft of the world's water. Stoddart Publishing, Toronto.
- Beach, T., S. Luzzadder-Beach, N. Dunning, J. Hageman, & J. Lohse. 2002. Upland agriculture in the Maya Lowlands: Ancient Maya conservation in northwestern Belize. *The Geog. Rev.* 92(3): 372-397.
- Beach, T. & N. Dunning. 1997. An ancient Maya reservoir and dam at Tamarindito, El Petén, Guatemala. *Lat. Am. Ant.* 8(1): 20-29.
- Berkes, F. 2003. Cross scale institutional linkages: perspectives from the bottom up. En: Ostrom, E. (ed.), *The drama of the commons*. 293-322. National Academy Press, Washington DC.
- Berkes, F. 2001. Religious traditions and biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 5: 109-120.
- Berkes, F. 1999. Role and significance of 'tradition' in indigenous knowledge. *IKDM* 7(1): 19.
- Berkes, F. & C. Folke. 2002. Back to the future: ecosystem dynamics and local knowledge. En: Gunderson, L.H. & C.S. Holling (eds.), *Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems*. 121-146. Island Press, Washington.
- Berkes, F. & C. Folke. 1998. Linking social and ecological systems. Cambridge University Press, Cambridge.

- Berkes, F., J. Colding & C. Folke. 2003.** Navigating social – ecological systems. Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Berkes, F., J. Colding & C. Folke. 2000.** Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecol. Appl.* 10(5): 1251-1262.
- Bernice Faust, B. 2001.** Maya environmental successes and failures in the Yucatan peninsula. *Environ. Sci. Pol.* 4(4-5): 153-169.
- Bromley, D.W. 1992a.** *Making the commons work; Theory, practice and policy.* Institute for Contemporary Studies Press, San Francisco.
- Bromley, D. W. 1992b.** The commons, property and common-property regimes. En: Bromley, D. W (ed.), *Making the commons work; Theory, practice and policy.* 3-15. Institute for Contemporary Studies Press, San Francisco.
- Colom, E. 2005.** Estudio de los Cambios Legales en el Marco de la Privatización del Agua en Guatemala. FAKT, Ciudad de Guatemala.
- Dari, C., S. Elías & V. Reyna. 1998.** Estrategias de sobrevivencia campesina en ecosistemas frágiles: Los Ch'orti' en las laderas secas del oriente de Guatemala. Facultad Latinoamericana de las Ciencias Sociales FLACSO, Ciudad de Guatemala.
- Davidson–Hunt, I. & F. Berkes. 2003.** Nature and society through the lens of resilience: toward a human in ecosystem perspective. En: Berkes, F., J. Colding & C. Folke (eds.), *Navigating social – ecological systems. Building resilience for complexity and change.* 53-82. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dietz, T., E. Ostrom & P.C. Stern. 2003a.** The struggle to govern the commons. *Science* 302: 1907-1912.
- Dietz, T., N. Dolssak, E. Ostrom & P.C. Stern. 2003b.** The drama of the commons. En: Ostrom E. (ed.), *The drama of the commons.* 3-36. National Academy Press, Washington DC.
- Donkin, R.A. 1979.** Agricultural terracing in the aboriginal new world. University of Arizona Press, Tucson.
- Dunning, N.P. & T. Beach. 1994.** Soil erosion, slope management, and ancient terracing in the Maya Lowlands. *Lat. Am. Ant.* 5(1): 51-69.
- Fedick, S.L. 1996.** Conclusion: Landscape approaches to the study of ancient Maya agriculture and resource use. En: Fedick, S.L. (ed.), *The managed mosaic: ancient Maya agriculture and biological resource management.* University of Utah Press, Salt Lake City.
- Fedick S.L. & B.A. Morrison. 2004.** Ancient use and manipulation of landscape in the Yalahau region of the northern Maya Lowlands. *Agr. Human Values* 21(2-3): 207-219.
- Feeny, D., F. Berkes, B.J. McCay & J.M. Acheneson. 1990.** The tragedy of the commons: twenty-two years later. *Hum. Ecol.* 18(1): 1-19.
- Folke, C., J. Colding & F. Berkes. 2003.** Sintesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. En: Berkes, F., J. Colding & C. Folke (eds.), *Navigating social – ecological systems. Building resilience for complexity and change.* 352-387. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ford, A. 1996.** Critical Resource Control and the Rise of the classic period Maya. En: Fedick, S.L. (ed.), *The managed mosaic. Ancient Maya agriculture and resource use.* 297-303.

University of Utah Press, Salt Lake City.

**Fuchs, C. 2001.** Soziale Selbstorganisation im informationsgesellschaftlichen Kapitalismus - gesellschaftliche Verhältnisse heute und Möglichkeiten zukünftiger Transformation. Libri Books on Demand, Viena.

**Gill, R.B. 2000.** The great Maya droughts. Water, life and dead. University of New México Press, Albuquerque.

**Gonzales Andricain, C. 2006.** The Future of the Albarradas: Between Local Knowledge and Development Policies. En: Jacobsen, F.F. & J. McNeish (eds.), *From where life flows: The local knowledge and politics of water in the Andes*. 65-74. Tapir Academic Press, Trondheim.

**Graeber, D. 2004.** Fragments of an anarchist anthropology. Prickly Paradigm Press, Chicago.

**Hardin, G. 1968.** The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.

**Healy, P.F. 1983.** An ancient Maya dam in the Cayo District, Belice. *J. Field Archaeol.* 10: 147-154.

**Holloway, J. 2006.** Die zwei Zeiten der Revolution. Würde, Macht und die Politik der Zapatistas. Turia + Kant, Viena.

**Johnston, K.J. 2004.** Lowland Maya water management Practices: the household exploitation of rural wells. *Geoarchaeology: an International Journal* 19(3): 265-292.

**Kaltmeier, O., J. Kastner & E. Tuider. 2004.** Cultural Politics im Neoliberalismus. Widerstand und Autonomie sozialer Bewegungen in Lateinamerika. En: Kaltmeier, O., J. Kastner & E. Tuider (eds.), *Neoliberalismus, Autonomie, Widerstand. Soziale Bewegungen in Lateinamerika*. 7-30. Westfälisches Dampfboot, Münster.

**Kepecs, S. & S. Boucher. 1996.** The prehispanic cultivation of rejoylladas and stone lands: New evidence from Northeast Yucatán. En: Fedick, S.L.(ed.), *The managed mosaic. Ancient Maya agriculture and resource use*. 69-91. University of Utah Press, Salt Lake City.

**La Bianca, O. 2006.** Local level water management and the progress of civilizations in the ancient near east: A comparative case. En: Jacobsen, F.F. & J. McNeish (eds.), *From where life flows: The local knowledge and politics of water in the Andes*. 65-74. Tapir Academic Press, Trondheim.

**Lalonde, A. & G. Morin-Labatut. 1994.** Indigenous knowledge, innovation and sustainable development: an information sciences perspective. *Scand. J. Devel. Alt.* 14(1)/2: 206-221.

**Lambert, J.D.H., A.H. Siemens, & J.T. Arnason. 1984.** Ancient Maya drained field agriculture: Its possible application today in the New River floodplain, Belice, C.A. *Agr, Ecosyst. Environ.* 11: 67-84.

**Lanz, K. 2006.** Das kommerzialisierte Menschenrecht. En: Lanz, K. & C. Rentsch (eds.), *Wem gehört das Wasser?* 498-503. Lars Müller Publishers, Baden.

**Lauri, N. 2006.** Establishing development orthodoxy: negotiating masculinities in the water sector. En: Jacobsen, F.F. & J. McNeish (eds.), *From where life flows: the local knowledge and politics of water in the Andes*. Tapir Academic Press, Trondheim.

**Lee, T.R. 1999.** *Water management in the 21st century: The allocation imperative*. Edward Elgar, Cheltenham.

**Lucero, L.J. 2002.** The collapse of the classic Maya: A case for the role of water control. *Am.*

*Anthropol.* 104(3): 814-826.

**Lucero, L.J.** 1999. Classic lowland Maya political organisation: a review. *J. World Prehist.* 13(2): 211-263.

**Mackinson, S. & L. Nottestad.** 1998. Combining local and scientific knowledge. *Rev. Fish Biol. Fisher* 8: 481-489.

**Martínez, H.A., R. Figueroa, H. Tuy, & J. Gálvez (Eds.)** 2004. Perfil ambiental de Guatemala. Informe sobre el estado ambiental y bases para su evaluación sistemática. Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala.

**Matheny, R.T.** 1976. Maya lowland hydraulic systems. *Science* 193: 639-646.

**Mutz, R.** 2004. Situación del recurso agua en Guatemala. Servicios para el desarrollo (SER), Quetzaltenango.

**Oakerson, R.J.** 1992. Analyzing the commons: a framework. En: Bromley, D.W. (ed.), *Making the commons work; Theory, practice and policy*. 41-59. Institute for Contemporary Studies Press, San Francisco.

**Ostrom, E.** 2000. Collective action and the evolution of social norms. *J. Econ. Perspect.* 14(3): 137-158.

**Ostrom, E.** 1999. Die Verfassung der Allmende: jenseits von Staat und Markt. Mohr Siebeck, Tübingen.

**Ostrom, E.** 1992a. Diseño de instituciones para sistemas de riego auto-gestionarios. Institute for Contemporary Studies, San Francisco.

**Ostrom, E.** 1992b. The rudiments of a theory of the origins, survival and performance of common-property institutions. En: Bromley, D.W. (ed.), *Making the commons work; Theory, practice and policy*. 293-318. Institute for Contemporary Studies Press, San Francisco.

**Pohl, M. & P. Bloom.** 1996. Prehistoric Maya farming in the wetlands of northern Belize: More data from Albion island and beyond. En: Fedick, S.L. (ed.), *The managed mosaic: Ancient Maya agriculture and resource use*. University of Utah Press, Salt Lake City.

**Pohl, M.D., K.O. Pope, J.G. Jones, J.S. Jacob, D.R. Piperno, S.D. deFrance, D.L. Lentz, J.A. Gifford, M.E. Danforth & J.K. Josserand.** 1996. Early agriculture in the Maya lowlands. *Lat. Am. Ant.* 7(4): 355-372.

**Poupeau, F.** 2006. Managing scarcity of water: Notes about political mobilisation in poor neighbourhoods of El Alto, Bolivia. En: Jacobsen, F.F. & J. McNeish (eds.), *From where life flows: The local knowledge and politics of water in the Andes*. 65-74. Tapir Academic Press.

**Reyna Contreras, A.V., S. Elias Gramajo, C. Cigarroa & P. Morena** 1999. Comunidades rurales y áreas protegidas. Análisis de la gestión colectiva en dos sitios de El Petén. Facultad Latinoamericana de las Ciencias Sociales FLACSO, Guatemala.

**Rojas Lima, F.** 1995. Pluralität und sozial-kulturelle Schichtung. En: Birk, F. (ed.), *Guatemala - Ende ohne Aufbruch, Aufbruch ohne Ende?* 45-56. Vervuert Verlag, Frankfurt.

**Runge, C.F.** 1992. Common property and collective action in economic development. En: Bromley, D.W. (ed.), *Making the commons work; Theory, practice and policy*. 17-39. Institute for Contemporary Studies Press, San Francisco.

**Scarborough, V.L.** 1991. Water management adaptations in nonindustrial complex socie-

- ties: an archaeological perspective. En: Schiffer, M. (ed.), *Archaeological Method and Theory*. 101 – 154. University of Arizona Press, Tucson.
- Scarborough, V.L. 1998. Ecology and ritual: Water management and the Maya. *Lat. Am. Ant.* 9(2): 135-159.
- Scarborough, V.L. 1996. Reservoirs and watersheds in the central Maya Lowlands. En: Fedick, S.L. (ed.), *The managed Mosaik: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*. 304-315. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Scarborough, V.L. 1994. Maya water management. *Natl. Geogr. Res Explor.* 10: 184-199.
- Scarborough, V.L., M.E. Becher, J.L. Baker, G. Harris & F. Valdez 1995. Water and land at the ancient Maya community of La Milpa. *Lat. Am. Ant.* 6(2): 98-119.
- Scarborough, V.L. & G.G. Gallopín 1991. A water storage adaption in the Maya Lowlands. *Science* 251: 658-662.
- Schui, H. 2003. Was ist eigentlich Neoliberalismus? *Journal für Entwicklungspolitik* 19(3): 19-34.
- Shiva, V. 2003. Der Kampf um das blaue Gold. Ursachen und Folgen der Wasserverknappung. Rotpunktverlag, Zürich.
- Siemens, A.H. 1983. Wetland agriculture in pre-hispanic Mesoamerica. *Geogr. Rev.* 73(2): 166-181.
- Stadler, L. & H. Hoering. 2003. Das Wassermanopoly – Von einem Allgemeingut und seiner Privatisierung. Rotpunktverlag, Zürich.
- Stern, P.C.; T. Dietz, N. Dolsak, E. Ostrom & S. Stonich. 2003. Knowledge and questions after 15 years of research. En: Ostrom, E. (ed.), *The drama of the commons*. 445-490. National Academy Press, Washington DC.
- Tengö M. & M. Hammer. 2003. Management practices for building adaptive capacity: a case from northern Tanzania. En: Berkes, F., J. Colding & C. Folke (eds.), *Navigating social – ecological systems. Building resilience for complexity and change*. 132-162. Cambridge University Press, Cambridge.
- Turner, B.L.II. 1974. Prehistoric intensive agriculture in the Mayan Lowlands. *Science* 185: 118-124.
- Turner, B.L.II & P.D. Harrison. 1983. Pulltrouser Swamp and Maya raised fields: A summation. En: Turner, B.L.II & P.D. Harrison (eds.), *Pulltrouser Swamp – Ancient Maya habitat, agriculture and settlement in northern Belize*. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Turner, B.L.II & P.D. Harrison. 1981. Prehistoric raised-field agriculture in the Maya Lowlands. *Science* 213: 399-405.
- Turner, B.L.II & W.C. Johnson 1979. A Maya dam in the Copan valley, Honduras. *Am. Ant.* 44: 299-305.
- UNESCO. 2003. The UN world water development report - Water for people, water for life. UNESCO, París.
- Universidad Rafael Landívar. 1998. El sistema jurídico Maya. Instituto de investigaciones económicas y sociales. Ciudad de Guatemala.
- Walker, B., C.S. Holling, S.R. Carpenter & A. Kinzig 2004. Resilience, adaptability and

transformability in social – ecological systems. *Ecol. Soc.* 9(2): 5.

**Warren, D.M.** 1995. The cultural dimension of development: indigenous knowledge systems. Intermediate Technological Publications, Londres.

**Wittfogel, K.A.** 1977. Die orientalische Despotie: Eine vergleichende Untersuchung totaler Macht. Ullstein, Francfort.

**Yrigayen Fajardo, R.** 1999. Pautas de coordinación entre el derecho indígena y el derecho estatal. Fundación Myrna Mack, Ciudad de Guatemala.

<sup>1</sup>Como neoliberalismo entienden Kaltmeier *et al.* (2004) un proyecto que significa una economización de lo social como por ejemplo una estricta política fiscal y monetaria, la lucha contra la inflación, la liberalización del comercio, la desregularización o la privatización y la imposición violenta de estas políticas. Así el neoliberalismo no sólo es un programa económico sino también un programa cultural, que se funda en prácticas “neosocialdarwinistas” y está en contra de cualquier práctica solidaria.

<sup>2</sup>Las aguadas son depósitos superficiales de bajo fondo, donde se acumula el agua de las precipitaciones.

<sup>3</sup>Los Cenotes son fosas naturales de carst, donde se puede obtener una cantidad limitada de agua (Fedick & Morrison 2004).

<sup>4</sup>Los *Chultunes* son cisternas subterráneas, que tienen formas de botellas, que se los cavaba en la capa de roca base de caliza y se los emplataba con cemento de cal. Entonces se podía coleccionar el agua de las lluvias de las plazas pavimentadas y de los edificios que se encontraban encima de los *Chultunes* (Matheny, 1976).

<sup>5</sup>Fuentes, con las que se recoge durante la temporada seca el agua de las precipitaciones de la temporada húmeda, que filtra desde el suelo por las piedras de caliza.

<sup>6</sup>fuentes construidas en el suelo de aguadas u otras depresiones, para recobrar el contenido de agua perdida de las estanques durante la temporada seca, agua que se acumulaba en las aguadas durante la temporada húmeda.

<sup>7</sup>400 a.n.e - 250 n.e.

<sup>8</sup>250 - 900 n.e.

<sup>9</sup>Berkes *et al.* (2000) definen resiliencia como la capacidad de un sistema de recobrar su estabilidad después de disturbios, de absorber el estrés, interiorizarlo y sobrepasarlo. Walker *et al.* (2004) la definen como la capacidad de un sistema de absorber disturbios y de reorganizarse mientras que este sistema está cambiando de una manera que el sistema mantiene fundamentalmente la misma función, estructura, identidad y *feedbacks* como antes.

<sup>10</sup>La gestión adaptativa es la versión científica de aprender haciendo y se trata de las interacciones imprevisibles entre los seres humanos y el ecosistema que se desarrollan juntos y están conectados (Berkes *et al.*, 2003). La gestión adaptativa da énfasis a los procesos que forman parte de ciclos ecológicos de la renovación y asume que ni se puede controlar la naturaleza ni predecir los acontecimientos (Berkes *et al.*, 2000). En esta gestión se da mucha importancia a la retroalimentación sobre el medio ambiente para formar una política,

y se continúa con experimentación sistemática para formar una política subsiguiente y así sucesivamente. El proceso es iterativo y es fundado en la realimentación y en el aprendizaje (Berkes & Folke 1998).

<sup>11</sup>El tipo físico del recurso hace el control de su acceso caro o imposible.

<sup>12</sup>Cada usuario/a puede reducir el beneficio de otros/as usuarios/as cuando usa el recurso. Por la “*subtractability*” de los recursos comunes, estos pueden ser sobreexplotados, completos, reducidos y frágiles. El recurso del agua, por ejemplo está confrontado tanto con el problema de su sobre uso como el de su contaminación; lo primero encarece los gastos por el agua para todos/as mientras que lo segundo hace bajar la calidad del agua (Dietz *et al.*, 2003b).

<sup>13</sup>Varios/as usuarios/as pueden usar el recurso al mismo tiempo.

<sup>14</sup>La *indivisibility* se pregunta, si se puede compartir recursos comunes en trozos pequeños, es decir entre distintos/as propietarios/as privados/as, sin que los recursos comunes pierdan el valor de su producción o su potencial de gestión.

<sup>15</sup>Las unidades extraídas del recurso común se renuevan su mismo durante el tiempo.

<sup>16</sup>Extensión territorial del recurso.

<sup>17</sup>Los gastos de la medición se refieren a los esfuerzos necesarios de medir la cantidad y la ubicación de unidades de un recurso común.

<sup>18</sup>En regímenes de propiedad privada de un recurso un individuo o un grupo pequeño es dueño/a único/a de este recurso (Runge, 1992).

<sup>19</sup>Feeny *et al.* (1990) definen los recursos gestionados bajo un régimen de propiedad común como recursos, que son gestionados por una comunidad identificable de usuario/as interdependientes.

<sup>20</sup>Feeny *et al.* (1990) entienden como acceso abierto a un recurso común la falta de derechos a la propiedad bien definidos. Por eso el acceso al recurso no es regulado y es abierto y libre para todos/as los/as posibles usuarios/as.

<sup>21</sup>*Free-riders* son individuos que evitan de tomar responsabilidad ante de la comunidad o ante el grupo que gestiona y usa un recurso común.

<sup>22</sup>Inclusiones sociales son características nuevas en un sistema social, las que son creadas por un proceso colectivo de cooperación social entre individuos. Con estas cooperaciones sociales los individuos pueden conseguir objetivos, que solos no podrían (Fuchs, 2001).

<sup>23</sup>La exclusión social se origina por competencia social y de diferentes grupos, que tienen más poder que otros y que dominan a otros (Fuchs, 2001).

# Chaco árido. Estudio y evaluación económica de revestimientos de canales de distribución de agua en Chancaní, Córdoba, Argentina

SONIA CECILIA CALVO\*, RUBÉN COIRINI, EUGENIA DEL FRANCO, DAVID NERÍN PORTÉ, MARÍA LAURA SALVADOR

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

\*Email: scalvo58@gmail.com

## RESUMEN

Uno de los factores limitantes en los sistemas productivos en el Chaco Árido (Argentina) es el agua. Este estudio releva y caracteriza la red de distribución de agua –en la actualidad, abastece las aguadas de uso ganadero– en Chancaní (Córdoba) evaluando soluciones para mejorar la eficiencia en la distribución.

Las pérdidas de agua a 5,6 km de la salida de las represas ascienden al 35% del caudal inicial (241 l/seg), incrementándose a mayor distancia recorrida por los canales. Para minimizar estas pérdidas se seleccionaron tres tipos de revestimiento (con piedra y junta tomada; hormigón y materiales plásticos).

En los tramos superiores se planteó revestir con piedra y junta tomada u hormigón. El agua recuperada es mayor con hormigón que con piedra con junta tomada (404,948 m<sup>3</sup> vs. 392,270 m<sup>3</sup>), pero la inversión necesaria es inferior en este último (\$ 296,261 vs. \$ 329,604). Asimismo, revestir con piedra y junta tomada tiene dos ventajas adicionales: la mayor parte de los materiales se obtienen en la región y la obra genera más empleo.

Considerando que se paga por el agua 3 pesos/hora, el revestimiento en piedra con junta tomada es la opción que presenta una TIR más elevada (-1,01%, frente a -1,09% para el hormigón). En las evaluaciones económicas sólo se consideraron las horas incrementales originadas por la mayor disponibilidad del agua.

Es de suponerse que la TIR será positiva cuando se implementen en la región productos con valor agregado (por ejemplo, ajo y cebolla) gracias al agua recuperada luego del revestimiento de los canales.

Palabras clave: agua, pérdidas por infiltración, revestimiento de canales, valoración económica.

## ABSTRACT

*One of the limiting factors regarding the productive systems in the Arid Chaco (Argentina) is water. This study releases and characterizes the network of water distribution –which, at present,*

*supplies the available water for cattle use— in Chancaní (Córdoba). Likewise, this work evaluates solutions to improve the efficiency of water distribution.*

*The water loss of water) at 5,6 km of the exit of the dams reaches 35% of the initial volume (241 l/Sec), increasing at a greater distance along the channels. In order to minimize this loss of water, three types of coating were selected: with stone and seized joint, concrete and plastic materials.*

*The upper sections were planned to be coated with stone and seized joint or concrete. The amount of recovered water is higher using concrete than using stone and seized joint (404,948 m<sup>3</sup> vs. 392,270 m<sup>3</sup>), but the required investment is lower in the latter (\$ 296,261 vs. \$ 329,604). In addition, stone and seized joint cladding has two additional advantages: most of the materials can be obtained in the region and the construction generates more employment.*

*Since water is paid at a rate of 3 pesos per hour, cladding with stone and seized joint is the option that provides a higher Internal Rate of Return (-1,01% compared to -1,09 for concrete). As regards the economic evaluations, it was taken into account only the incrementing hours originated from the higher water availability.*

*It is expected that the Internal Rate of Return will be positive once the products with an aggregated value (for example, garlic and onion) are implemented in the region, this happening as a consequence of the recovered water after the cladding of the channels.*

*Key words: water, cladding of channels, economic assessment, losses due to infiltration.*

Actualmente, en la Pedanía Chancaní, Departamento Pocho de la provincia de Córdoba (Argentina) los sistemas de producción de pequeños productores son la ganadería extensiva (cría de vacunos y caprinos) obteniéndose como producto final terneros y cabritos y la explotación forestal, hoy reducida a la producción de leña, en pequeña escala, y carbón con bajos rendimientos económicos (Calvo *et al.*, 2006; Coirini, 1992). El producto ganadero representa el 50% del ingreso regional, mientras que el forestal, que completa el otro 50%, proviene principalmente de los algarrobos (*Prosopis* spp.) que aportan el 70% y los quebrachos blancos (*Aspidosperma quebracho blanco*) el 30% restante. Los pequeños productores complementan sus actividades con la cría de animales de granja y el cultivo de pequeñas chacras para autoconsumo utilizando la mano de obra familiar para las tareas rurales. Este tipo de sistema permite el autosostenimiento de la mayor parte de la población de la región, pero no tiene la capacidad para incorporar a las nuevas generaciones (sobre 75 establecimientos rurales encuestados, se obtuvo que de la descendencia de cada hogar, el 60% emigró de la zona. Se comprobó también, que la población desplazada, ha conseguido mejores condiciones de vida, no regresando a su lugar natal (Bocco *et al.*, 2007; Coirini, 1992).

Asimismo, hay una creciente pauperización que se manifiesta en falta de servicios esenciales (agua, energía), una baja infraestructura en comunicación, salud, educación y una creciente dependencia del Estado para cubrir las necesidades básicas. Lo anterior, trae aparejado estrategias de producción de corto plazo —que incrementan la presión sobre los recursos— y

que sólo permiten la satisfacción de las necesidades básicas de subsistencia lo cual a su turno atenta contra la sustentabilidad de los bosques nativos.

Por lo anterior, y como manera de dar respuesta a los problemas citados, el equipo de investigadores de las Facultades de Ciencias Agropecuarias y Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba trabajó en evaluar económica y financieramente la implementación de un sistema productivo que contempla prácticas silvopastoriles destinadas al mejoramiento de la producción ganadera y forestal en el bosque nativo, como así también incorporar la extracción y venta de la brea (valores de uso directos) considerando asimismo los valores de uso indirecto del bosque, tales como el secuestro de carbono en la Pedanía Chancaní, Departamento Pocho (Córdoba) (Calvo *et al.*, 2007; Calvo *et al.*, 2008). En síntesis, la investigación se basó en calcular los ingresos y costos marginales de cada uno de los usos y así evaluar correctamente el bosque nativo.

Los resultados (Calvo *et al.*, 2007) permiten concluir que (no se considera la brea ni el secuestro de carbono) la incorporación de las técnicas silvopastoriles –que recuperan el recurso pastizal y en consecuencia la eficiencia productiva ganadera como así también mejoran el recurso forestal– genera ingresos netos marginales crecientes los cuales se estabilizan en el quinto año, permitiendo superar el nivel de pobreza y disminuir la dependencia de los ingresos de fuentes externas (pensiones, subsidios, etc., otorgados por el Estado) a la actividad productiva que recibe el grupo familiar (pasan 63% al 26% del total de ingresos recibidos por el grupo familiar). Esta situación “posproyecto” genera una menor dependencia del Estado ya que pensiones y subsidios pasan a ser recursos “complementarios” y no esenciales de la subsistencia de las familias.

Ahora bien, una limitante para que las técnicas silvopastoriles sean sustentables en el tiempo y permitan su adopción a mayor número de productores en la región *es el agua*. Chancaní (sitada a los 31° 25' S y 65° 27' O) se encuentra en el Chaco Árido, posee clima subtropical seco, con régimen pluviométrico marcadamente estival. Las temperaturas en verano son elevadas y los inviernos son templados presentándose entre cinco a diez días con heladas en el año. Los caudales medios anuales de los arroyos y ríos son de escasa importancia y de régimen torrencial. La calidad del agua, considerando el porcentaje de sales, es buena cerca de las montañas, disminuyendo hacia las zonas bajas (Coirini, 1992; Karlin *et al.*, 1992). Así, dadas las condiciones climáticas extremas, y los factores topográficos y edafológicos (Ruiz Posse *et al.*, 2007), el agua en cantidad y calidad se convierte en un bien escaso y limitante para la producción.

La unidad funcional (zona de Chancaní) es una pequeña cuenca hidrográfica de aproximadamente 500 km<sup>2</sup>. Comienza con una parte alta que es recolectora de agua, de poca superficie que recibe escasas lluvias y termina en una quebrada por donde corre un arrollo o río de bajo caudal. Cerca de la quebrada se ubica el poblado. Le sigue la zona de piedemonte que es un plano levemente inclinado y luego empieza el llano propiamente dicho. Tanto el piedemonte como el llano son áreas ganaderas. Las partes más bajas del llano están generalmente salinizadas (Karlin *et al.*, 1994).

Específicamente para el pueblo de Chancaní, el abastecimiento de agua se realiza a partir de las represas ubicadas al este del pueblo de Chancaní, para su posterior distribución a los

diferentes lugares de abrevado de animales, a través de un canal revestido a cielo abierto, alimentado por las aguas del río De la Mermela. *La red de distribución del agua de las represas que llega hasta los diferentes productores es muy poco eficiente debido a que las canalizaciones están deterioradas, sin ningún tipo de revestimiento y las pérdidas por infiltración, evapotranspiración y desborde son muy elevadas.*

De aquí, que el objetivo general de este trabajo fue relevar la infraestructura disponible de distribución de agua cuantificando las pérdidas por infiltración en los canales a cielo abierto en la zona aledaña a la localidad de Chancaní. Asimismo, se analizaron técnicamente las alternativas de revestimiento factibles de realizar en la zona evaluando económicamente los distintos revestimientos seleccionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cartografía de los canales

Para comprobar el estado actual de las canalizaciones el primer paso fue recorrer parte de la red de distribución de agua. En estos recorridos se tomaron puntos claves en GPS, que facilitaron posteriormente la identificación de los canales y tramos, mediante interpretación visual de imágenes aéreas. Luego, se procedió a delimitar y cartografiar los diferentes tramos. El criterio que se siguió para definirlos, es que la pendiente de éstos sea lo más homogénea posible, debido a que es el factor variable en el espacio que pueden condicionar el diseño hidráulico (De Paco, 1992). Los tramos se delimitaron aplicando el software informático Google Earth (Sistema de Información Geográfica-SIG, creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D del planeta y determinar longitudes y distancias aproximadas) que permitió aproximar las alturas del relieve terrestre. Para la visualización de estos puntos GPS en el Google Earth se utilizó el programa informático MapSource (Programa informático de la empresa Garmin que permite entre otras cosas descargar puntos directamente desde un GPS y visualizarlos en otras aplicaciones informáticas como el Google Earth). La visualización de estos puntos sirvió de apoyo para establecer el recorrido de las conducciones.

Tras delimitar los tramos geográficamente se creó la cartografía de base que permitió reconocer la ubicación del canal y la longitud de los tramos con una exactitud suficiente para el objetivo que persigue el estudio. Luego de obtener las longitudes de los tramos y las diferencias de cotas de éstos se procedió al cálculo de las pendientes (Modol, 2009).

Es de destacar que las imágenes aéreas, que se pueden obtener a partir del Google Earth, con una precisión que se ajuste a los objetivos del estudio abarcan muy poca superficie. Para subsanar este problema y conseguir el área del estudio completo, se creó un mosaico de imágenes obtenidas a través del Google Earth y se las unió mediante Adobe Photoshop (software de Adobe Systems, 2003).

### Determinación de la infiltración

Las tasas de infiltración se obtuvieron por medición directa. Al ser una red de distribución existente y en uso no es necesaria la utilización de fórmulas empíricas. Se atribuye a la

infiltración la diferencia entre las cantidades de agua entrante y saliente de los canales en cuestión.

Para la medición del caudal en cada punto –mediante el uso de flotadores– se eligió un tramo de curso recto, uniforme en su sección transversal y pendiente, sin obstáculos que puedan variar la dirección o velocidad del flotador. Se realizaron tres mediciones de tiempo en un tramo de distancia conocida (canal de abastecimiento a las represas de acumulación de agua, canal de salida de la represa inferior y el punto situado a 5,6 km aguas debajo de la represa). Realizado el promedio de estos tres tiempos, la velocidad ( $v$ ) media superficial se obtiene como:

$$v = \frac{D}{T} \quad (1)$$

$v$  = Velocidad (metro/seg);  $T$  = tiempo (seg);  $D$  = distancia recorrida (metro)

Al resultado obtenido como velocidad media superficial se le aplicó un coeficiente que lo relaciona con la velocidad media en la sección. Este coeficiente para suelos arenosos es de 0,95 (Heredia, 2009).

Otra de las mediciones que se realizó en campo es la de la sección transversal que junto a la velocidad media, permite obtener el caudal a través de la Ecuación de la Continuidad.

$$S = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

$S$  = Sección transversal ( $m^2$ );  $Q$  = Caudal ( $m^3/seg$ );  $V$  = Velocidad ( $m/seg$ )

Tras obtener los caudales en los diferentes puntos se procedió a evaluar cuales son las pérdidas por metro lineal (ml) de canal, como la diferencia entre el caudal de salida en la represa y el caudal medido en otros puntos aguas abajo de las canalizaciones, dividida entre la distancia que recorren. Estas distancias se obtienen, siguiendo la misma metodología para el cálculo de la longitud de los tramos (Fuentes, 1996).

Dado que las características físicas y estado de conservación son muy similares en la totalidad de los canales, estas pérdidas por ml se transpolaron a otros canales de los cuales no se poseen mediciones. Finalmente se determinó cuales son las pérdidas totales en cada tramo.

Al aplicar esta metodología de determinación de pérdidas, se considera que toda el agua se pierde por infiltración (Linsey & Franzini, 1974). Este supuesto se fundamenta en que al ser las pérdidas por infiltración muy elevadas se minimizan las pérdidas por evaporación (las pérdidas por evaporación son difíciles de cuantificar en canales de pequeño tamaño; se pueden tomar como valores medios, una pérdida del 3% del caudal en 20 km en canales de tierra y de un 1% del caudal en 20 km).

### Preselección de revestimientos

Previo a la selección de los materiales se realizó una revisión de bibliografía que permitió determinar las soluciones más adecuadas teniendo en cuenta los siguientes factores (Kraatz, 1977): propiedades del suelo, topografía, nivel de aguas subterráneas, aprovechamiento de la tierra, explotación y mantenimiento, estanqueidad, duración, disponibilidad de materiales para la construcción, disponibilidad de mano de obra y maquinaria, costo y aspectos financieros.

### Diseño hidráulico

Se plantearon dos posibles escenarios de cálculo en función del caudal ( $Q$ ) para el dimensionado de los canales según los diferentes tipos de revestimiento:  $Q_1 = 250$  litro/seg que es el caudal actual en la salida de la represa y  $Q_2 = 350$  litro/seg caudal estimado, que se podría llegar a distribuir en determinadas épocas de abundancia de agua, previo aumento de la capacidad de las represas.

Previo al dimensionado, se realizó un análisis de los parámetros (geometría de la sección, velocidades máximas admisibles, inclinación de los taludes y resguardos adoptados) que condicionan el diseño de la sección. Una vez seleccionada la geometría del área transversal que más se adecue a resolver la problemática que presenta el canal, el dimensionado de la sección se realizó para cada uno de los materiales, previamente seleccionados para los dos caudales adoptados.

La sección del canal se rediseñó como si no estuviera construido. El método de cálculo elegido es el de máxima economía, con el que se consigue el máximo radio hidráulico, para el menor perímetro mojado (la finalidad es la de reducir las pérdidas por infiltración y costes de construcción al ser menor la superficie a revestir). Los cálculos se realizaron por tramos, previamente delimitados en imágenes satelitales.

Es importante destacar que para el cálculo de los parámetros que definen la sección útil se corroboró el resultado con las tablas de velocidades máximas. De esta manera se verifica que los resultados están dentro de los límites permitidos para no producir erosión o sedimentación. Tras corroborar que la velocidad es inferior a la máxima admisible, se obtuvo el área mojada lo que a su vez permite definir la inclinación de los taludes (Villón, 1981). En la Figura 1, se puede observar los parámetros que definen el área mojada de la sección tipo.

Finalizados los cálculos de la sección útil para la conducción de agua, se procedió a diseñar la solución constructiva, para cada uno de los materiales que han cumplido con las restricciones que impone el diseño hidráulico.

Cabe destacar que para la determinación de espesores en hormigón, se pueden utilizar ábacos que indica el espesor de recubrimientos de superficie dura en relación a la capacidad del canal, según lo recomendado por la USBR (United States Reclamation Service).

Completado el diseño se generaron mediante Autocad (2004), esquemas acotados para cada uno de estos materiales y para las dos opciones de caudal propuestos con el fin de utilizarlas como apoyo en las posteriores estimaciones en el cálculo de materiales.

### Cálculo del agua recuperada

El sistema de distribución de agua se caracteriza por su flexibilidad, por lo que es complicado fijar una dinámica de funcionamiento del sistema de distribución. Por lo anterior, se establecieron una serie de valores basados previamente en las entrevistas realizadas a los productores. Como valores de base para el cálculo del agua a “recuperar” se tomaron: el periodo de llenado de las represas = 5 días; el tiempo de cada canal en funcionamiento = 2 días; el turno de llenado de cada aguada = cada 2 meses.

El agua recuperada en cada tramo se puede obtener, como la diferencia entre el agua que se perdía por infiltración previo al revestimiento y el agua perdida por infiltración tras el revestimiento. Una vez realizados estos cálculos y a partir de la cartografía se determinó qué tramos componen cada canal.

A efectos de cálculo para determinar la nueva superficie de infiltración se estimó una sección única en base a la velocidad media del agua para cada uno de los tipos de revestimiento. Esta velocidad media se obtiene como el sumatorio de la velocidad en cada tramo ponderada por su longitud dividido por la distancia total.

$$v = \frac{D}{T} \quad (1)$$

$v$  = Velocidad (metro/seg);  $T$  = tiempo (seg);  $D$  = distancia recorrida (metro)

Con la velocidad media obtenida y a partir del dato de caudal inicial se determina la altura de agua que permite calcular la superficie mojada de los taludes, que junto con la base son las dos dimensiones necesarias para determinar el nuevo perímetro mojado.

Con el fin de no sobreestimar el agua recuperada, para posteriores usos que se le pueda dar a esta agua, se le aplicará un factor de reducción de 0,9 que incluirá las pérdidas que se puedan dar por otros motivos como evaporación y la imprecisión que tiene el método de estimación de caudal que puede ser de hasta un 10% (Heredia, 2009).

En la alternativa de diseñar los canales para un caudal de 350 lt/seg se consideró que el agua ganada es la misma que para un  $Q=250$  lt/seg. Es de hacer notar que las pérdidas por infiltración (diferencia entre agua entrante y saliente) no se pueden utilizar debido a que no se poseen datos iniciales de caudal. No obstante se valorará económicamente con el objetivo para apreciar cuanto aumentan la inversión de la obra, si aumentamos la capacidad de las canalizaciones en un 30%.

En cuanto a la metodología para evaluar económicamente las alternativas de revestimiento seleccionadas se aplicó el Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

$VAN$  = Valor actualizado neto;  $B_t$  = Beneficio incremental del periodo  $t$ ;  $C_t$  = costo incremental del periodo  $t$  (siendo  $t=1,2,\dots,n$ );  $r$  = tasa de interés (actualización)

Es de destacar que en la evaluación económica, sólo se han considerado los costos y beneficios *incrementales directos* derivados de las mejoras introducidas (más horas de agua), y no los beneficios que resultan por la mayor disponibilidad de agua en la zona de influencia de los canales.

Para el cálculo de las inversiones que requieren cada uno de los escenarios propuestos –diferentes tipos de revestimientos para los dos caudales de diseño estudiados– se consideraron los siguientes supuestos:

- Los precios utilizados para los materiales y/o para el transporte de materiales adyacentes a la obra que no deben ser adquiridos, son los precios medio de la zona, en función de la distancia y el peso o volumen a transportar. En el caso de la herramienta y maquinaria se estimaron valores orientativos en función de las necesidades previstas.
- Para los materiales que deben ser importados a la zona como es el caso de cemento o membranas plásticas se solicitó presupuesto a diferentes compañías del material puesto en obra.
- En los rendimientos del trabajo por persona se tomó como referencia datos bibliográficos junto con la experiencia que tiene la gente de la zona en realizar trabajos similares a los que realizaron en la obra. Por ejemplo: los rendimientos del trabajo en desbroce se pueden tomar más optimistas que en aplicación del hormigón.
- Obras de arte, juntas de dilatación, obras de difusión de velocidad a la salida de los canales, materiales de unión, etc. se presupuestaron como un porcentaje del coste de ejecución de la obra.
- Las personas destinadas para el mantenimiento no varían en número, debido a que los canales revestidos, requieren menor mantenimiento que los canales que discurren directamente sobre el terreno.
- La duración de materiales se obtuvo de bibliografía existente teniendo en cuenta las condiciones climáticas, de manejo del agua, manejo ganadero y otro tipo de factores característicos de la zona y que pueda condicionar la resistencia de éstos.
- Cabe tener en cuenta que para el caso de los canales de hormigón o junta tomada, las inversiones realizadas no requieren mano de obra adicional para su mantenimiento, por lo que el único costo de mantenimiento *adicional* es el material necesario para las reparaciones.

En lo que respecta a los ingresos esperados, el supuesto utilizado –tomando en consideración las características agroecológicas y socioeconómicas de la zona– es que toda el agua adicional (el agua que no se perdería) ofrecida a los productores encontrará su demanda.

### Precio del servicio

Actualmente el servicio de provisión de agua cuesta \$3 la hora (el tipo de cambio a diciembre 2009 es de 3,83 \$/dólar). Ese precio se ajustó al nuevo volumen ofrecido. En la nueva situación (con canales recubiertos) el volumen por hora será mayor, entonces se aplicará el valor actual de \$3 cada 345,5 m<sup>3</sup>/h, que es el volumen promedio entregado actualmente por hora. De esta manera es posible cuantificar el valor de la mayor disponibilidad del servicio de agua.

Dadas las características de la obra, para la evaluación financiera sería necesario aplicar una tasa de descuento “social”, que busca maximizar el “beneficio social”. Si bien no existe una tasa calculada actual para Argentina, si se considera como referencia la tasa pasiva de algunos créditos específicos otorgados por el gobierno argentino en el último año. Estas tasas, en términos reales resultan negativas.

No teniendo tasas de referencia para calcular el Valor Actualizado Neto (VAN), se optó por el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), pudiéndose hacer comparaciones entre proyectos, y resultando “acceptable” siempre que sea mayor que cero (en base a las consideraciones previas).

## RESULTADOS

### Manejo actual del agua

Tras entrevistar a distintos productores de la zona se determinó que el sistema de distribución para las distintas aguadas para consumo animal, es mixto. El abastecimiento es por pedido de los productores y por turnos condicionado por las precipitaciones y la entrada de agua a las represas. El sistema básicamente responde al siguiente principio: El agua es derivada por turnos a los canales principales. Si un productor precisa agua, la solicita al “llavero” –persona encargada de regular la distribución de agua y asignar los turnos de riego en función de la disponibilidad y entrada de agua en las represas– quien le asigna el tiempo y horario de que dispone para el llenado de las aguadas. Esta práctica está condicionada por los factores que se citan a continuación: a) el agua almacenada en la represa también se utiliza para consumo humano, no pudiendo quedar comprometido este uso; b) el número de aguadas abastecidas por cada canal es diferente. En función de la cantidad de propietarios por canal, tamaño de las aguadas y longitud del canal se asigna el número de horas que precisa para la distribución de agua; c) las horas de agua demandadas no corresponden en muchas ocasiones con las concedidas. Estas dependen del estado de la represa y de la entrada de agua en las represas; d) la entrada de agua en las represas no es un valor constante. Existen periodos críticos en lo que a disponibilidad de agua se refiere; en periodos de escasez, el tiempo de llenado está entre 5-6 días y en periodos de abundancia se requiere de 2 días para completar la capacidad total de la represa; e) en ocasiones, la irregularidad en la distribución espacial de las lluvias da lugar a que no se precise agua en una zona y se puedan conceder más horas a las aguadas de zonas que no ha llovido; f) una vez que llega el turno de abastecer a un canal principal, el productor puede o no comprar las horas de riego.

Así, el sistema de distribución es muy plástico y está limitado por las condiciones ambientales. Las decisiones que toma el “llavero” están basadas en la experiencia debido a que no posee ningún instrumento de aforo; el llavero conoce el tiempo de llegada del agua a cada aguada y toma las decisiones de cuanta agua se puede asignar en función del tamaño de los campos de los productores y del estado y entrada de agua a las represas.

Parte de la recaudación obtenida con la venta de horas de riego se destina a pagar el sueldo del llavero, y el resto se destina al mantenimiento del canal revestido que abastece a las represas. Una vez que el agua fluye por el canal principal, son los productores los que se encargan

de abrir y cerrar las distintas paradas que permiten el llenado de las represas en función del horario que se les ha asignado para el riego.

### Resultados del análisis técnico

Tras recorrer parte de la red de distribución de agua, se observaron dos escenarios completamente distintos: a) los canales de abastecimiento *a las represas* destinadas a la acumulación de agua. Esta canalización revestida con piedra y junta tomada, presenta un buen estado de conservación, no se aprecian roturas ni pérdidas de agua, la vegetación colindante esta podada, por lo que la canalización es accesible en todo su recorrido; b) los canales de distribución *aguas abajo de las represas*. La situación cambia completamente ya que parte de las conducciones son inaccesibles debido a la espesa vegetación que ha crecido en los márgenes; existen tramos donde se observan problemas de erosión; material arrancado y arrastrado se deposita en zonas donde la velocidad del agua disminuye llegándose a producir embanques y desbordamientos. Todas las obras de arte construidas en zonas puntuales para derivar el agua que fueron visitadas estaban inutilizadas, debido a que la erosión producida por el agua en el material arenoso en el que se asentaban, las habían descalzado y fracturado. La ausencia de labores de mantenimiento, queda manifiesta, al observar el sifón que atraviesa el río. Esta obra fue realizada en octubre del 2008 y transcurrido un año está a punto de quedar inservible, debido en parte a la ausencia de un desarenador previo a la obra y en parte porque no se limpia la entrada ni salida del sifón.

Tras finalizar el cálculo del caudal en los diferentes puntos, las pérdidas por metro lineal, entre la salida de la represa hasta el punto en el canal situado a 5,6 km resultaron en  $0,0149858 \text{ l/ml} \cdot \text{segundo}$ . Las pérdidas de caudal en dicho punto corresponden a un 35% del caudal original en 5672 metros.

A partir de las mediciones anteriores, que se utilizan a modo de aproximación, se determinaron cuanto se pierde en cada uno de los quince tramos obtenidos (Cuadro 1).

Tras revisar la cartografía y datos tomados en campo se pueden diferenciar ocho canales considerados como principales, siendo los tramos superiores comunes para muchos de estos canales (se identificaron quince tramos). La superficie de la conducción afectada por uno u otro tipo de revestimiento es variable según el canal que estudiemos.

Los tipos de revestimiento se pueden incluir en dos grandes grupos. Revestimientos rígidos, donde se engloban los revestimientos de hormigón y mampostería (piedra con junta tomada) y, los plásticos, que abarcan las membranas plásticas descubiertas y cubiertas.

Seleccionados los posibles materiales se plantean dos etapas. La primera, es optar por revestir los tramos superiores (Tramos del uno al ocho) de la salida de la represa con un revestimiento rígido (Hormigón o piedra con junta tomada) de mayor duración a causa de: a) en la zona de la salida de la represa las pendientes son más elevadas que en el resto de la red de canales. Con este revestimiento rígido y de mayor resistencia se evitan posibles erosiones en el canal y se facilita el mantenimiento de éste; b) mayor duración que el revestimiento plástico sobre todo en estas zonas con elevada presencia de animales domésticos (cerdos, aves de corral, etc.), que pueden ser causa de su deterioro; c) se reduce las pérdidas por infiltración

en un tramo aprovechado por todos los propietarios de la zona, de forma que todos se benefician. Esto no ocurriría si se revistieran zonas intermedias o finales en el que el número de afectados sería menor; esta parte superior de las canalizaciones es la que atraviesa el núcleo urbano de Chancaní. Se mejoran así las condiciones de salubridad del pueblo debido a que se facilita la limpieza de los canales al estar revestidos y se dificulta el crecimiento de vegetación al aumentar la velocidad del agua y disminuir la infiltración; se evita la obturación del sifón que atraviesa el río debido a la acumulación de arena que transporta el agua en la salida de éste.

En una segunda etapa y una vez asegurado el revestimiento de los tramos superiores se contempló una posible continuación del revestimiento (tramos del nueve al quince) con materiales plásticos, ya sea descubiertos o enterrados. Se opta por continuar con este tipo de revestimiento debido a: a) pérdidas por infiltración inapreciables; b) menor coste de materiales que el hormigón; c) menor coste de mano de obra; d) elevada rapidez de ejecución.

En cuanto a las velocidades obtenidas en los distintos tramos, el revestimiento en hormigón, en piedra con junta tomada y membrana plástica descubierta se encuentran dentro del rango considerado como apto para que no se produzcan erosiones (velocidad máxima) o deposiciones de material (velocidad mínima). Contrariamente es descartada la membrana plástica cubierta de arena ya que las velocidades máximas críticas que admite el recubrimiento de arena, se superan con creces en la totalidad de los tramos en los dos caudales propuestos. Como consecuencia el material de cobertura será arrastrado aguas abajo, dando problemas de obstrucciones y desbordamientos. En el Cuadro 2, se observan las velocidades máximas y mínimas de acuerdo al tipo de revestimiento.

Dado que las diferencias entre los distintos tramos son poco significativas dentro de un mismo material y caudal se adoptó como sección hidráulica de diseño, la de mayor capacidad, es decir la que más material emplea para su construcción. Esto supone un pequeño incremento en el gasto de material, pero reduce y simplifica mucho los costes de ejecución, agiliza el proceso de construcción, y se asegura que el agua no sobrepase el borde del canal en ningún punto.

De los tramos (uno al ocho) que está previsto revestir en hormigón, es el cuatro el que menor velocidad presenta, y por lo tanto la sección es mayor tanto para el hormigón como para la piedra con junta tomada. Este tramo se tomaría como referencia para adoptar la solución constructiva. Si se planteara en una segunda etapa continuar revistiendo con superficie plástica, el tramo nueve que es el de mayor sección, se adoptaría como referencia para adoptar una solución constructiva en materiales plásticos.

**Revestimiento de hormigón.** En el diseño para los dos caudales (Q) considerados (250 lt/seg como para el de 350 lt/seg), se adoptan seis centímetros de espesor. Esta ampliación de espesor además de aumentar la resistencia al paso del ganado, se debe a la frecuente variación del nivel de agua.

La ejecución del hormigón se realizará de forma manual. El único material estructural que se adquirirá en esta opción es el cemento. Para la mezcla, el árido sería de 365 kg/m<sup>3</sup> de cemento

para un tamaño máximo de árido de 2,5 cm y una relación de agua no superior a 0,6. En la Figura 2, se muestra el perfil transversal revestimiento de hormigón ( $Q=250$  lt/seg).

**Revestimiento de piedra con junta tomada.** La posibilidad de realizar el revestimiento de mampostería se debe a que existe la posibilidad de utilizar piedra, a corta distancia de la localización de la obra. El abastecimiento se realizaría estableciendo zonas de préstamo, a lo largo de la Ruta Provincial 28 que atraviesa las Sierras de Pocho, mediante un camión que posee la Municipalidad. La arena que se requerirá para junta tomada se encuentra en el cono de deyección del Río Chancaní y es apta para la construcción. El único material a adquirir sería el cemento portland utilizado para elaborar el mortero utilizado en las juntas de unión.

La relación cemento-arena para la elaboración del mortero es 1:6. Puede ser necesario un cribado previo de la arena, con el fin de eliminar elementos gruesos. Las necesidades de cemento por  $m^3$  de mortero tomadas para cálculos posteriores son de  $330 \text{ kg}/m^3$ .

Los espesores de estos revestimientos, son superiores a los revestimientos de hormigón, y depende mucho del tipo de piedra que se utilice. A efectos de cálculo se toma un espesor del revestimiento de 15 cm como aproximación para la estimación de materiales. Los mayores costes son los de mano de obra, ya que la colocación es totalmente manual y requiere de una cierta destreza. En la Figura 3, se observa el perfil transversal revestimiento de piedra junta tomada ( $Q=250$  lt/seg).

**Revestimiento de membrana plástica descubierta.** Las membranas plásticas se diferencian, principalmente de los revestimientos rígidos, en que no proporcionan resistencia estructural, solo impermeabilidad. La duración de la membrana descubierta es muy limitada, los pinchazos y roturas debido a roedores, degradación debida a la insolación, pisoteo por el ganado, pinchazos producidos por la maleza y quema de ésta, son las causas más frecuentes de su deterioro. La Figura 4, muestra el perfil transversal revestimiento de membrana plástica descubierta ( $Q=250$  lt/seg).

El Cuadro 3 brinda una orientación para elegir el espesor adecuado de los materiales plásticos utilizados en este tipo de revestimientos. Es de destacar que no debe aumentarse el espesor de las membranas con el propósito de compensar una defectuosa preparación del terreno. Independientemente del resguardo calculado en el diseño hidráulico, el talud total se incrementa debido a que el plástico se debe anclar en una zanja de unos 30 cm de profundidad por encima del nivel donde lleguen la corriente y las olas.

**Agua recuperada.** El número de canales principales que se podrían abastecer si se considera la dinámica de turnos presentada en la metodología es de 8,5. Los canales principales son ocho; este medio ciclo de diferencia es el que se utiliza para llenar alguna aguada aislada o canal secundario que no se abastece de estas conducciones principales. Los datos para obtener el perímetro mojado se muestran en el Cuadro 4.

Con el perímetro mojado medio y la longitud de cada tramo se determina la superficie de infiltración. A partir de los datos de infiltración por  $m^2$  (obtenidos por tabla) se obtiene

la infiltración por tramos según materiales. La composición de tramos de cada canal y las ganancias de agua en éstos, son los datos que se utilizan para determinar el agua recuperada total obtenida como el sumatorio del agua recuperada en cada canal.

Los datos finales de agua ahorrada anual y cada dos meses (turno de llenado de cada aguada) se muestran en el Cuadro 5. Es de destacar que éstos tienen una reducción del 10% que evita que se sobreestimen las ganancias de agua. El agua ahorrada cada dos meses en la situación actual (para un caudal de salida de las represas es de 241 l/seg.

### Resultados de la evaluación económica

**Escenario 1 y 2.** Revestimiento con hormigón de los canales ( $Q=250$  l/seg y  $350$  l/seg). Los ingresos surgen de calcular sobre el total de agua incremental ( $404,948 \text{ m}^3$ ), la cantidad de horas de entrega de agua que resultaría manteniendo el caudal medio actual por hora ( $345,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), y al precio de  $\$3$  por hora. La cantidad de horas de servicio anual se incrementaría en 1172 unidades. Los únicos costos incrementales derivados de esta obra corresponden al material para eventuales fisuras/roturas del revestimiento, ya que se mantiene la misma cantidad de personal para mantenimiento (situación inicial).

La inversión necesaria para el hormigonado de los canales, que incluye desbroce y eliminación del material vegetal, rectificación del canal, hormigonado y otras tareas asciende a  $\$329,604$  (pesos argentinos, equivale a un tipo de cambio de  $3,84\$/\text{dólar}$ ).

Para el cálculo del valor de recupero de la obra al cabo de diez años (periodo del flujo de fondos por convención) se utilizó el método contable, esto es descontar de su valor a nuevo las depreciaciones acumuladas luego de diez años (periodo de análisis). La obra se deprecia totalmente en 50 años.

La TIR para este proyecto es de  $(-1,09\%)$  y los ingresos que se generan a partir de la mayor oferta de agua superan las depreciaciones (no erogables) y los costos de material considerados en este planteo. El Cuadro 6, presenta el flujo de fondos esperado en los canales revestidos de hormigón ( $250 \text{ lt/seg}$ ).

En el escenario de revestimiento con hormigón para un  $Q=350 \text{ lt/seg}$ , las consideraciones para este escenario son idénticas que para el caso anterior.

Dada la forma de cálculo de la ganancia de agua, no se evidencia un mayor aprovechamiento del canal, aunque, eventualmente tiene capacidad para dar mayor respuesta que en el caso anterior. La inversión inicial requerida es de  $\$358,257$ , y la TIR de este proyecto es  $(-1\%)$ , marginalmente superior porque se compensa la mayor inversión con el mayor valor de recupero de la obra a los diez años. En el Cuadro 7, se aprecia el flujo de fondos esperado en los canales revestidos de hormigón ( $350 \text{ lt/seg}$ ).

**Escenario 3 y 4.** Revestimiento de piedra con junta tomada de los canales ( $Q=250$  l/seg y  $350$  l/seg). El total de agua incremental al año en el caso de revestimiento con junta tomada es de  $392,270 \text{ m}^3$ , la cantidad de horas de entrega de agua es igual al caso anterior ( $345,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), y al precio de  $\$3$  por hora. La cantidad de horas de servicio anual se incrementaría en 1135 unidades, cerca de un 3% menos que en el caso del hormigonado. Los únicos costos incrementales derivados de esta obra se mantienen igual que en el caso anterior.

La inversión necesaria para el revestimiento de los canales, que incluye desbroce y eliminación del material vegetal, rectificación del canal, revestimiento y otras tareas asciende a \$296,261. Para el cálculo del valor de recupero de la obra al cabo de diez años se utilizó el método contable, esto es descontar de su valor a nuevo las depreciaciones acumuladas luego de diez años (periodo de análisis). La obra se deprecia totalmente en 50 años.

La TIR calculada para este proyecto es (-1,01%), levemente superior a la alternativa con hormigón, y con una menor inversión.

Se destaca que en este caso, la demanda de mano de obra supera en poco más de 718 jornales al escenario uno y dos, situación a tener en cuenta si se considera el problema de desocupación que hay en la zona. La mano de obra en este escenario asciende a 1973 jornales.

El Cuadro 8, muestra el flujo de fondos esperado en los canales revestidos con piedra con junta tomada (250 lt/seg).

Para el escenario 4 (canales revestidos con piedra con junta tomada  $Q=350$  lt/seg), las inversiones ascienden a \$ 383,219 y por el mismo efecto anterior (valor de recupero), la TIR es levemente superior (- 0,9%), a pesar de la mayor inversión. Adicionalmente, le cabe también la consideración de que eventualmente tiene mayor capacidad de respuesta ante una mayor demanda de agua. Se destaca nuevamente la demanda de mano de obra (2258 jornales).

**Escenario 5 y 6.** Revestimiento de la parte revestida en plástico ( $Q=10$  lt/seg y 350 lt/seg).

Como se observa en el flujo de fondos, la inversión inicial asciende a \$580,730 ( $Q=250$  lt/seg) y \$602,875 ( $Q=350$  lt/seg) para el caso de plásticos, y debe repetirse la inversión en plásticos cada cinco años. Pero a este nivel de estudio no es posible la comparación objetiva con las alternativas anteriores, ya que este escenario se propone una longitud casi del doble, extendida por la red de canales de plástico (19,683 vs. 10,188 m), así como una mayor disponibilidad de agua recuperada si consideramos que la parte superior está recubierta (766,148 m<sup>3</sup> y 756,662 m<sup>3</sup> respectivamente).

Dadas las características del flujo no es posible calcular la TIR, pero en los niveles de tasa de los proyectos anteriores (-1%), el VAN es fuertemente negativo.

La evaluación de estas canalizaciones será pertinente cuando se incorpore al estudio el resto de los beneficios socio-económicos del mejoramiento de los canales en la zona. El Cuadro 9, muestra el flujo de fondos esperado en los canales revestidos con plástico (250 lt/seg).

## DISCUSIÓN

La premisa fundamental de este trabajo ha sido relevar y caracterizar el estado de la red de abastecimiento de las aguadas de uso ganadero en la localidad de Chancaní (Córdoba, Argentina) así como cuantificar las pérdidas de agua que se producen en el sistema de distribución. Asimismo, se han determinado las alternativas de revestimiento que más se adecuan a la zona sin descuidar el aspecto social, especialmente la generación de empleo que comporta la ejecución de la obra.

Las pérdidas por infiltración medidas y cuantificadas a una distancia de cinco km de la salida de la represa de acumulación de agua son superiores a un 30%. Estas pérdidas se incrementan conforme aumenta la distancia recorrida de los canales. Con el fin de evitar este

derroche de agua, en una zona donde este recurso es tan limitado, se seleccionaron cuatro alternativas a aplicar en diferentes tramos (Revestimiento con piedra y junta tomada, revestimiento en hormigón, revestimiento con membrana plástica descubierta y revestimiento con membrana plástica cubierta de arena) tras analizarlas en función de diversos factores: suelo, duración, estanqueidad, explotación, etc. De estas cuatro opciones, el diseño de membranas cubiertas de arena quedó descartado por motivos hidráulicos al permitir muy poca velocidad de agua.

Los revestimientos con superficie rígida se estudiaron en los tramos superiores de las canalizaciones (uno a ocho) con una distancia total de 11,1 km.

Desde el punto de vista hidráulico es más eficiente el revestimiento en hormigón, debido a que las pérdidas por infiltración son menores que en piedra con junta tomada ( $696,6 \text{ m}^3$  vs.  $1554 \text{ m}^3$ ) en cada ciclo de riego debido a dos motivos principalmente: a) mayor estanqueidad del hormigón y, b) mayores velocidades del agua en hormigón debidas a una rugosidad menor, lo que implica una menor sección de canal para transportar la misma cantidad de agua y por lo tanto una menor superficie de infiltración.

En la inversión necesaria para ejecutar la obra se observa que la diferencia en los montos (\$329,604 vs. \$296,261) entre hormigón y piedra con junta tomada radica en la necesidad del material que se utiliza como ligante en ambos casos. Unidades de obra como el desbroce o rectificación del canal, poseen el mismo valor. El rendimiento por persona es más elevado en la construcción de los canales en hormigón pero el costo de adquisición del cemento es muy superior. El revestimiento de piedra con junta tomada tiene como ventaja que la mayor parte de su estructura está compuesta por piedra, material que se obtiene de forma gratuita y que su único coste es el transporte hasta la zona de obra.

Los jornales necesarios en piedra con junta tomada son de 1974 vs. 1256 que se generan en el revestimiento hormigón. Esta diferencia de 718 jornales hay que tenerla en cuenta si se considera como un aspecto social crítico el desempleo en la región.

Si bien el agua recuperada es mayor en el caso del hormigón, mientras se mantenga fija la cuota horaria (3 pesos/hora) que se paga por el agua (Nótese que el valor del servicio de agua es especialmente bajo; si ese valor se multiplicara por cinco, por ejemplo, el canon pagado por el uso de agua seguiría siendo sumamente accesible, aún para los productores de menores ingresos). La opción que presenta una TIR más elevada es el revestimiento en piedra con junta tomada (-1,01%) vs. (-1,09%) que presenta el revestimiento en hormigón. Es de destacar que la mayor cantidad de agua conseguida con el revestimiento en hormigón no alcanza para cubrir la diferencia de inversiones entre las dos opciones estudiadas.

Tras evaluar económicamente y socialmente las dos opciones, el revestimiento de piedra con junta tomada es la mejor opción siempre que se mantengan las condiciones de manejo y precios actuales.

En una segunda etapa se contempló la continuación de revestimiento de los tramos superiores mediante revestimientos plásticos (tramos nueve al quince). La longitud de estos tramos y por ende en la que se estudió el revestimiento fueron 19,6 km de canalizaciones secundarias siendo el valor de la inversión de \$580,730.

Este material en principio no es comparable económicamente con los que se analizaron para los tramos superiores debido a que la longitud que recorren es diferente, pero comparativamente, la inversión inicial por metro lineal de revestimiento es de \$29,52 para hormigón mientras que para plástico es de \$29,32. Esta diferencia es muy escasa siendo algo mayor para la piedra con junta tomada (\$26,53).

El elevado valor del revestimiento plástico –a pesar de que el coste de material por metro cuadrado es bajo– se debe a que: a) tramos a revestir de pendiente más suave lo que implica una menor velocidad de agua y por lo tanto una mayor sección hidráulica; b) poca inclinación de los taludes para evitar desmoronamiento de las paredes laterales por el paso del ganado debido a que los revestimientos plásticos no aportan resistencia física; c) la solución constructiva implica una gran cantidad de material plástico con el fin de anclar el revestimiento.

La poca duración del plástico debido a las condiciones ambientales, ganadería y método de aprovechamiento del agua son las causas de que éste se tenga que reponer cada cinco años con una inversión de \$389,314. Esta renovación del material originaría una gran cantidad de residuos plásticos de difícil eliminación.

El agua recuperada, es menor en los tramos seleccionados a revestir con plástico a pesar de que la longitud cubierta es mucho mayor que los tramos seleccionados para revestir mediante hormigón o piedra. El motivo no es otro que al ser canalizaciones secundarias el tiempo que están en funcionamiento es mucho menor. Como única ventaja del revestimiento plástico se puede mencionar la elevada rapidez con la que se implanta la membrana, lo que puede ser útil para situaciones de emergencia en la que se precisa agua de forma rápida y con pocas pérdidas.

Asimismo, todos estos escenarios fueron analizados para un caudal de diseño de 350 lt/seg., por la posibilidad real que existe de aumentar el tamaño de las represas. Cabe destacar que por un pequeño incremento en la inversión inicial (menos de un 10% en hormigón y piedra) se obtiene una infraestructura que permite incrementar en un 30% la capacidad de los canales.

La TIR para la totalidad de escenarios y para los dos caudales propuestos (250 y 350 lt/seg) del proyecto es negativa. Sin embargo es de destacar que en las evaluaciones económicas realizadas sólo se han considerado las horas incrementales originadas por la mayor disponibilidad del agua. Es de suponer que la TIR será positiva cuando se considere la implantación en la región de productos de valor agregado (por ejemplo, ajo y cebolla) gracias a las ganancias de agua logradas con los revestimientos de los canales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Adobe PhotoShop 8.0.1 .2003-2005.** Programa informático. Desarrollado por Adobe Systems Inc. NC.USA.

**Autocad. 2004.** Programa informático. Desarrollado por Autodesk, Inc. NC. USA.

**Bocco, M., R. Coirini, U. Karlin & A. Müller. 2007.** Evaluación socioeconómica de sistemas productivos sustentables en el Chaco Árido. *Revista Zonas Áridas* 11: (70 - 84).

- Calvo, S., R. Coirini, L. Salvador, A. Visintini, A. Von Müller & N. Reynoso. 2008. Valorización de uso directo e indirecto del bosque nativo. Una experiencia en la pedanía Chancaní, Córdoba. Primeras Jornadas Universitarias del Norte Grande Argentino sobre Medioambiente (Jungra). Pp. 127. Tucumán, Argentina. ISBN 978-1366-23-1.
- Calvo, S., L. Salvador, R. Coirini, A. Von Müller, N. Reynoso & A. Visintini. 2007. Indicadores de sustentabilidad. Relación con la valoración económica del bosque nativo. *Revista Zonas Áridas* 11: (11-25).
- Calvo, S., R. Coirini, N. Reynoso, L. Salvador, A. Visintini & A. Von Müller. 2006. Valorización de uso directo e indirecto del bosque nativo. Una experiencia en la pedanía Chancaní, provincia de Córdoba. XXXVII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Octubre, Villa Giardino, Córdoba. Argentina. ISSN 1666-0285.
- Coirini, R. 1992. Caracterización social y económica de un área problema en el Chaco Árido. En: *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas*. FCA-Universidad Nacional de Córdoba-GTZ. p. 54-49. Córdoba, Argentina.
- De Paco, J.L. 1992. Fundamentos del Cálculo Hidráulico en los Sistemas de Riego y Drenaje. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España. 398 p.
- Fuentes, J.L. 1996. Técnicas de Riego. Ed. Mundi Prensa. Madrid- MAPA. 471 p.
- Heredia, S. 2009. Medición del agua. En: *Hidrología Agrícola* Tomo 1. Córdoba. Departamento de Ingeniería y Mecanización Rural. Facultad Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. p. 97-125. Córdoba, Argentina.
- Karlin, U., R. Coirini, L. Pietrarello & E. Perpiñal. 1992. Caracterización del Chaco Árido y propuesta de recuperación del recurso forestal." En: *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas*. FCA- Universidad Nacional de Córdoba-GTZ. p. 7-12. Córdoba, Argentina.
- Karlin, U., L. Catalán & R. Coirini. 1994. La Naturaleza y el Hombre en el Chaco Seco. Colección Nuestros Ecosistemas. *Proyecto GTZ- Desarrollo Agroforestal en Comunidades Rurales del Noroeste Argentino*. Salta, Argentina. 163 p.
- Kraatz, D.B. 1977. Revestimiento de Canales de Riego. FAO. Roma. 216 p.
- Linsey, R.E. & J. B. Franzini. 1974. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. 5ª edición. Ed. Continental S.A. México. p. 332-335.
- Modol, J.R. 2009. Edición de Cartografía. En: *Postgrado Propio en Sistemas de Información Geográfica para la Gestión Municipal y Territorial*. 8ª Edición Lleida. Departamento de Geografía y Sociología. UdL. p. 29.
- Ruiz Posse, E., U. Karlin, E. Buffa, M. Karlin, C. Gai Leura & G. Castro. 2007. Ambientes de las Salinas grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina* 16: 123-137.
- Villón, M. 1981. Hidráulica de canales. Ed. Holozco. Departamento de Ingeniería Agrícola –Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. 320 p.

**Cuadro 1.** Pérdidas por tramos (lt/seg). (Fuente: Elaboración propia)

| Nº de tramo       | 1   | 2    | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    |
|-------------------|-----|------|-----|------|------|------|------|
| Longitud (m)      | 438 | 1039 | 563 | 1874 | 1590 | 4059 | 880  |
| Pérdidas (lt/seg) | 6,6 | 15,8 | 8,4 | 28   | 23,8 | 61,3 | 13,2 |

| Nº de tramo       | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Longitud (m)      | 721  | 2877 | 4350 | 2570 | 2867 | 2357 | 2726 | 2116 |
| Pérdidas (lt/seg) | 10,8 | 43,1 | 65,2 | 38,5 | 42,9 | 35,3 | 40,8 | 31,7 |

**Cuadro 2.** Velocidades máximas y mínimas de acuerdo al tipo de revestimiento. (Fuente: Elaboración propia)

|                                          | Q=250 lt/seg                                                         | Q= 350 lt/seg                                                      | Velocidad crítica                                                                     |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Revestimiento en hormigón                | Vmáx: tramo 4 = 2,12 m/seg<br>Vmin: tramo 3 = 1,59 m/seg             | Vmáx: tramo 4= 2,31 m/seg<br>Vmin: tramo 3 = 1,72 m/seg            | No superan velocidad crítica superior e inferior en hormigón (2,5 m/seg y 0,45 m/seg) |
| Revestimiento de piedra con junta tomada | Vmáx: tramo 2 = 1,53 m/seg<br>Vmin: tramo 4 = 1,15 m/seg             | Vmáx: tramo 2 = 1,66 m/seg<br>Vmin: tramo 4 = 1,25 m/seg           | No superan velocidad crítica superior e inferior en piedra (2,44 m/seg y 0,45 m/seg)  |
| Membrana plástica cubierta de arena      | Vmáx: tramo 10 = 1,3 m/seg<br>Vmin: tramo 9 = 0,92 m/seg > 0,5 m/seg | Vmáx: tramo 10 = 1,42 m/seg<br>Vmin: tramo 9 = 1 m/seg > 0,5 m/seg | Velocidades críticas (con arena) se superan los caudales propuestos                   |
| Membrana plástica descubierta            | Vmáx: tramo 10 = 2,14 m/seg<br>Vmin: tramo 9 = 1,51 m/seg            | Vmáx: tramo 10 = 2,33 m/seg<br>Vmin: tramo 9 = 1,64 m/seg          | No superan velocidad crítica superior e inferior en piedra (2,44 m/seg y 0,45 m/seg)  |

**Cuadro 3.** Características del revestimiento en función del tipo de material plástico. (Fuente: Elaboración propia)

| Material                            | Cloruro de polivinilo (PVC) | Butilo | Polietileno | Material asfáltico |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|--------------------|
| Espesor recomendado                 | 0,5 mm                      | 0,8 mm | 1 mm        | 2-3 mm             |
| Resistencia a la exposición del sol | Media-baja                  | Buena  | Media-baja  | Baja               |

**Cuadro 4.** Variables e indicadores para perímetro mojado por tipo de revestimiento. (Fuente: Elaboración propia)

| Velocidad media ponderada              | Altura de agua media               | Talud mojado                       | Perímetro mojado medio             |
|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Revestimiento de hormigón = 1,94 m/seg | Revestimiento hormigón = 0,23 m    | Revestimiento hormigón = 0,33 m    | Revestimiento hormigón = 1,04 m    |
| Revestimiento de tierra = 1,41 m/seg   | Revestimiento de tierra = 0,25 m   | Revestimiento de tierra = 0,36 m   | Revestimiento de tierra = 1,16 m   |
| Revestimiento de Plástico = 1,78 m/seg | Revestimiento de Plástico = 0,25 m | Revestimiento de Plástico = 0,45 m | Revestimiento de Plástico = 1,07 m |

**Cuadro 5.** Agua ahorrada (m<sup>3</sup>) por tipo de revestimiento (en dos meses y en un año). (Fuente: Elaboración propia)

|                                                                | Cada dos meses         | En un año              |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Revestimiento de hormigón (1)                                  | 67,491 m <sup>3</sup>  | 404,948 m <sup>3</sup> |
| Revestimiento de piedra con junta tomada (1)                   | 65,378 m <sup>3</sup>  | 392,270 m <sup>3</sup> |
| Revestimiento de hormigón y continuación con plástico (2)      | 127,691 m <sup>3</sup> | 766,148 m <sup>3</sup> |
| Revestimiento de piedra y continuación de este en plástico (2) | 126,110 m <sup>3</sup> | 756,662 m <sup>3</sup> |

(1) Resultados de revestir los tramos superiores con piedra o con hormigón; (2) Resultados de revestir los tramos superiores con piedra o con hormigón contemplando la posibilidad de continuar con plástico

**Cuadro 6.** Flujo de fondos esperado en los canales revestidos de hormigón (250 lt/seg). (Fuente: Elaboración propia)

|                                                      | 0        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10      |
|------------------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Ingresos incrementales                               |          | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516    |
| Costos incrementales                                 |          | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198    |
| Inversiones                                          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Desbroce y eliminación del material vegetal \$17,164 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Rectificación del canal \$32,771                     | -329,604 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Hormigonado \$249,705                                |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Otros \$29,964                                       |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Depreciación                                         | -6592    | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592   |
| Valor de Recupero                                    |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 263,683 |
| Flujo de Fondos                                      | -329,604 | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 267,001 |

**Cuadro 7.** Flujo de fondos esperado en los canales revestidos de hormigón (350 lt/seg). (Fuente: Elaboración propia)

|                                                      | 0        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10      |
|------------------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Ingresos incrementales                               |          | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516  | 3516    |
| Costos incrementales                                 |          | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198    |
| Inversiones                                          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Desbroce y eliminación del material vegetal \$17,164 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Rectificación del canal \$38,725                     | -358,257 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Hormigonado \$269,800                                |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Otros \$32,569                                       |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Depreciación                                         | -6592    | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592 | -6592   |
| Valor de Recupero                                    |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 292,336 |
| Flujo de Fondos                                      | -358,257 | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 3318  | 295,655 |

**Cuadro 8.** Flujo de fondos esperado en los canales revestidos con piedra con junta tomada (250 lt/seg).

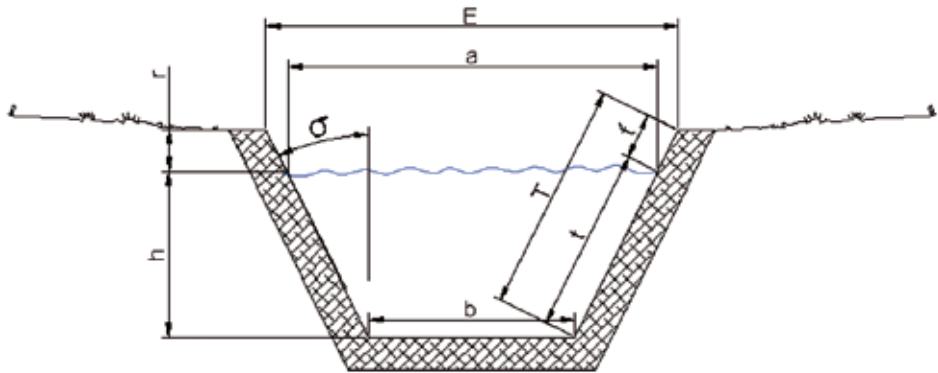
(Fuente: Elaboración propia)

|                                                      | 0        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10      |
|------------------------------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Ingresos incrementales                               |          | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406  | 3406    |
| Costos incrementales                                 |          | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198  | -198    |
| Inversiones                                          |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Desbroce y eliminación del material vegetal \$17,164 |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Rectificación del canal \$38,725                     | -296,261 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Revestimiento \$213,439                              |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Otros \$26,933                                       |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
| Depreciación                                         |          | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925 | -5925   |
| Valor de Recupero                                    |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 237.009 |
| Flujo de Fondos                                      | -296.261 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 3.208 | 240.217 |

**Cuadro 9.** Flujo de fondos esperado en los canales revestidos con plástico (250 lt/seg). (Fuente: Elaboración propia)

|                                                      | 0        | 1       | 2       | 3       | 4        | 5       | 6       | 7       | 8       | 9        | 10      |
|------------------------------------------------------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Ingresos incrementales                               |          | 3136    | 3136    | 3136    | 3136     | 3136    | 3136    | 3136    | 3136    | 3136     | 3136    |
| Costos incrementales                                 |          | -198    | -198    | -198    | -198     | -198    | -198    | -198    | -198    | -198     | -198    |
| Inversiones                                          |          |         |         |         |          |         |         |         |         |          |         |
| Desbroce y eliminación del material vegetal \$29,620 |          |         |         |         |          |         |         |         |         |          |         |
| Rectificación del canal \$108,976                    | -580,730 |         |         |         |          |         |         |         |         |          |         |
| Membrana plástica \$ 389,341                         |          |         |         |         | -389,341 |         |         |         |         | -389,341 |         |
| Otros \$52,794                                       |          |         |         |         |          |         |         |         |         |          |         |
| Depreciación                                         |          | -81,696 | -81,696 | -81,696 | -81,696  | -81,696 | -81,696 | -81,696 | -81,696 | -81,696  | -81,696 |
| Valor de Recupero                                    |          |         |         |         |          |         |         |         |         |          | 464,584 |
| Flujo de Fondos                                      | -580,730 | 2938    | 2938    | 2938    | -386,403 | .938    | 2938    | 2938    | 2938    | -386,403 | 467,523 |

## SECCIÓN TIPO



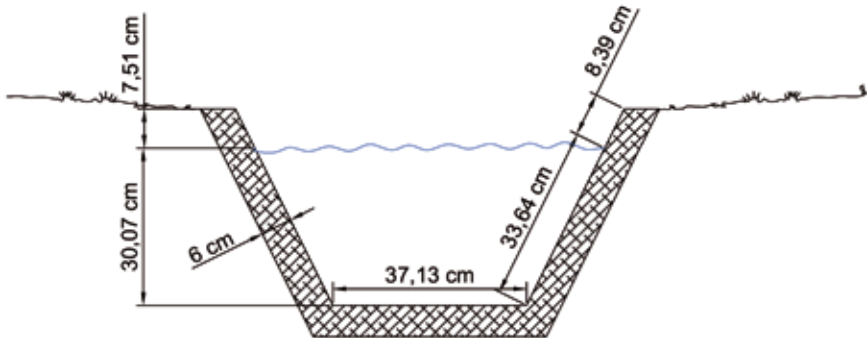
\*Parámetros que definen el área mojada de la sección:  $h = f_h \sqrt{S}$  (Calado);  $t = f_t \sqrt{S}$  (Talud mojado);  $b = f_b \sqrt{S}$  (Ancho de fondo);  $a = f_a \sqrt{S}$  (Ancho de la superficie libre de agua);  $P = f_p \sqrt{S}$  (Perímetro mojado);  $R = f_R \sqrt{S}$  (Radio hidráulico). Para definir completamente la sección se calculó el resguardo ( $r$ ), la superficie libre de agua ( $E$ ), y el talud total ( $T$ )

**Figura 1.** Sección Tipo. Parámetros que definen el área mojada de la sección tipo. (Fuente: Elaboración propia)

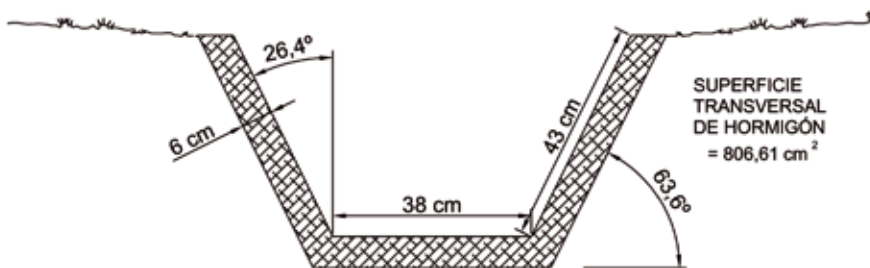
## REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN

$$Q = 250 \text{ l/s}$$

### SECCIÓN TEÓRICA TRAMO 4



### SECCIÓN ADOPTADA REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN

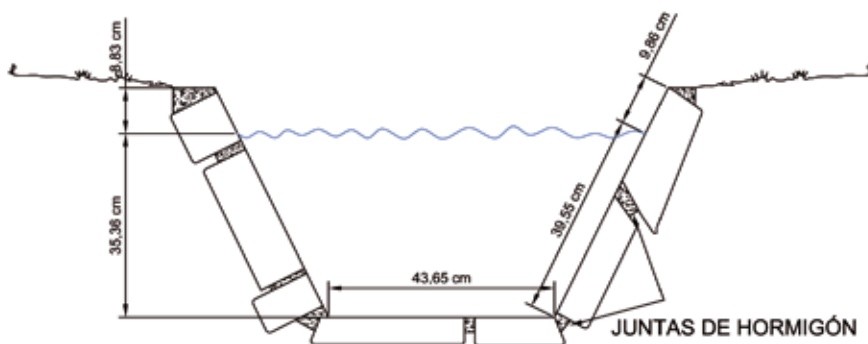


**Figura 2.** Perfil transversal revestimiento de hormigón ( $Q=250 \text{ lt/seg}$ ).

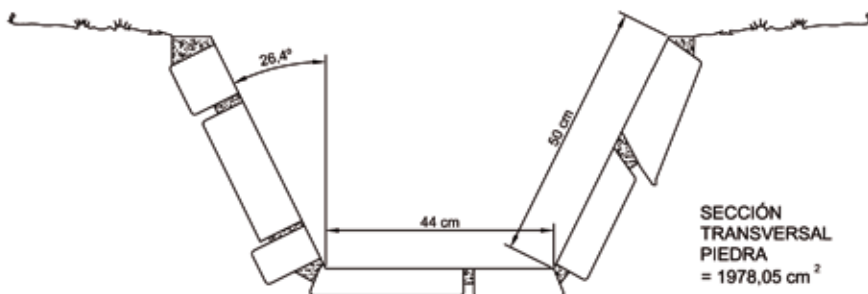
## REVESTIMIENTO DE PIEDRA JUNTA TOMADA

$$Q = 250 \text{ l/s}$$

### SECCIÓN TEÓRICA TRAMO 4



### SECCIÓN ADOPTADA REVESTIMIENTO DE PIEDRA

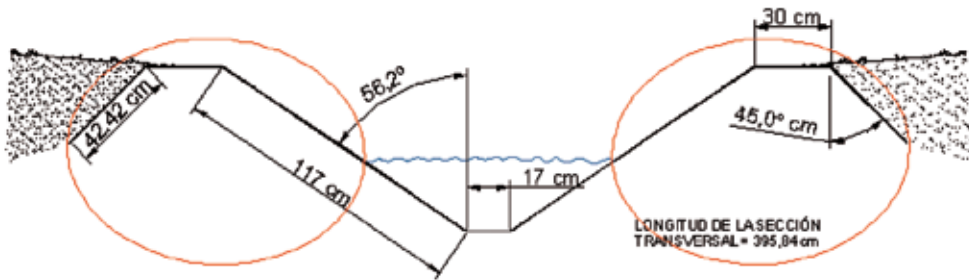


**Figura 3.** Perfil transversal revestimiento de piedra junta tomada ( $Q=250 \text{ lt/seg}$ ).

## REVESTIMIENTO MEMBRANA PLÁSTICA DESCUBIERTA

$$Q = 250 \text{ l/s}$$

### SECCIÓN ADOPTADA EN REVESTIMIENTOS PLÁSTICOS



**Figura 4.** Perfil transversal revestimiento membrana plástica descubierta ( $Q=250 \text{ lt/seg.}$ ).

# Ciclo ganadero y especies forrajeras en Salinas Grandes, Catamarca, Argentina

JUAN CAVANNA<sup>1</sup>, GERMÁN CASTRO<sup>1</sup>, ULF KARLIN<sup>2</sup>, MARCOS KARLIN<sup>2\*</sup>

<sup>(1)</sup>Programa Social Agropecuario Catamarca, Argentina.

<sup>(2)</sup>Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

\*Email: mkarlin@agro.unc.edu.ar

## RESUMEN

El área bajo estudio ha sido históricamente ganadera, con relativa baja presión, condicionada por factores hídricos y edáficos. Este trabajo caracteriza y analiza los recursos forrajeros claves y las estrategias de manejo de las comunidades locales en las Salinas Grandes al sur de la Provincia de Catamarca. Un inventario de la vegetación se realizó en cada uno de los ambientes identificados. Se obtuvo información local sobre las especies y sus usos, el manejo del ganado y la ecología de los recursos naturales. Se reconocen tres grandes subsistemas de pastoreo: “*los altos*”, “*los bajos*” y el área peridoméstica. El primero es de importancia durante el verano por la presencia de Poáceas y especies leñosas. Los “*bajos*” constituyen un importante reservorio de forraje durante el invierno y la primavera, época en que se agotan los recursos forrajeros de los “*altos*” hasta la ocurrencia de nuevas precipitaciones. El área peridoméstica, con altos niveles de sobrepastoreo, presenta escasa oferta forrajera. Los pobladores, al poseer grandes extensiones de campos comuneros, cuentan con una amplia variedad de especies, con suplemento continuo en cantidad y calidad de forraje.

Palabras clave: ambientes, ciclo de pastoreo, especies forrajeras, disponibilidad forrajera, Salinas Grandes.

## ABSTRACT

*The study area has been historically cattle oriented, with relatively low pressure conditioned by hydric and edaphic factors. This work characterize and analyze main forage resources and management strategies of the local communities from Salinas Grandes, at south of the Province of Catamarca. A vegetation inventory was made in each of the identified environments. Local information has been obtained of the species and its uses, cattle management and ecology of natural resources. Three great subsystems are recognized: “highs”, “lows” and peridomestic area. The first one is important during summer due to the presence of Poaceae and woody species. “Lows” constitute an important forage reservoir during winter and spring time when forage resources of “highs” exhaust until the occurrence of new precipitations. Peridomestic area, with high levels of overgra-*

*zing, present low forage supply. Local people, by having great extensions of communitarian land, count with a wide species variety, with continuous supply in quantity and quality of forage.*

*Key words: environments, forage species, forage availability, range management cycle, Salinas Grandes.*

Las Salinas Grandes se ubican entre 26°30' y 30°40'S y entre 63°15' y 65°25'O. Abarcan el NO de Córdoba, E de La Rioja, S de Catamarca y SO de Santiago del Estero.

Presenta clima árido con inviernos secos, mostrando grandes oscilaciones de temperaturas y lluvias, y alta evapotranspiración. El promedio de precipitaciones es aproximadamente de 300 mm (La Guardia, Catamarca), siendo los meses más lluviosos los de verano y los más secos los de invierno. La temperatura media anual es de 20,5°C (Dargám, 1995), con máximas y mínimas absolutas de 42°C y -6°C, respectivamente.

La zona de estudio ha sido históricamente ganadera con actividad caprina y bovina (Karlin *et al.*, 1994), con cargas animales relativamente bajas condicionadas por los factores hídricos y edáficos.

El presente trabajo caracteriza y analiza los recursos forrajeros considerados los más importantes por las comunidades locales y sus estrategias de manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la costa de las Salinas Grandes al sur de la Provincia de Catamarca, entre 26°30' y 30°02'S y entre 65°10' y 65°35'O.

Se realizó el inventario de la vegetación mediante entrevistas no estructuradas y observación visual mediante recorridos con los pobladores en cada uno de los ambientes, clasificados y apoyados en la cartografía confeccionada (Ruiz Posse *et al.*, 2007). Se realizaron talleres participativos en los cuales se obtuvo información sobre las especies y sus usos, el manejo del ganado y la ecología de los recursos naturales. La importancia de los recursos forrajeros dada por los pobladores, es determinada por su abundancia (cantidad de forraje), efecto sobre los animales y por su aporte forrajero e hídrico en momentos críticos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las disponibilidades forrajeras

La masa forrajera se concentra en verano, extendiéndose su disponibilidad hasta mayo o junio, dependiendo de la cantidad de lluvias estivales. La época de bache forrajero se produce en julio, agosto, setiembre y en algunos casos octubre, hasta las nuevas precipitaciones.

Se reconocen tres grandes subsistemas de pastoreo: “*los altos*” constituidos por los “*bordos*”, el “*monte con influencia salina*” y el “*monte con escasa influencia salina*”; “*los bajos*” constituidos por la “*salina vegetada*”, “*llano bajo malo*”, “*llano bajo bueno*”, “*llano alto*” y los “*barreales*”; y el “*área peridoméstica*” (Ruiz Posse *et al.*, 2007).

El primero de los subsistemas, “*los altos*”, es más importante durante el verano por la presencia de Poáceas como pasto raíz (*Trichloris crinita*) y pasto remolino (*Sporobolus pyramidatus*),

por especies leñosas como algarrobo (*Prosopis aff. nigra*), mistol (*Zizyphus mistol*), mistolillo (*Castela coccinea*) y lata (*Mimozuganthus carinatus*), importantes tanto por su aporte de hojas y frutos como forraje, y su capacidad de hospedar abundantes claveles del aire o azahares (*Tillandsia* spp.), de gran importancia como reserva forrajera.

Los “bajos” son subsistemas que constituyen un importante reservorio de forraje durante el invierno y la primavera, épocas con escasos recursos forrajeros en los “altos”. Estos sub-ambientes mantienen durante el invierno condiciones de humedad que permiten el desarrollo de diversas especies arbustivas como palta (*Maytenus vitis-ideae*), cachiuyo (*Atriplex argentina*), maíz de suri (*Ehretia cortesia*) y otros, manteniéndose verdes por mas tiempo, y siendo así más palatables. Estas especies son las responsables de mantener un buen balance mineral y proteico en los animales. Asimismo, se encuentran Cactáceas, importantes por su aporte de agua, y por mantener buena sanidad en los animales. Es clave el uso del chañar (*Geoffroea decorticans*), el cual forma bosquecillos densos generando un sub-ambiente particular. Esta especie provee de numerosos recursos usados por el ganado y es hospedante importante de claveles del aire.

El área peridoméstica, con evidentes signos de sobrepastoreo, presenta oferta forrajera escasa. Aquí se encuentran los corrales donde se ofrece a los animales en forma controlada forraje como palta, claveles del aire, penca (*Opuntia ficus-indica*) y *Atriplex nummularia* (éstas últimas dos, exóticas y cultivadas). Cuando la escasez de forraje es marcada, los pobladores deben comprar granos de maíz y fardos de alfalfa hasta el advenimiento de nuevas lluvias.

La importancia de contar con diferentes sub-ambientes estriba en la constitución de un particular ciclo de pastoreo a lo largo del año y aún diariamente. Los pobladores, al poseer grandes extensiones de campos comuneros, sin delimitación de alambrados entre los sub-ambientes, cuentan con una amplia variedad de especies que se adaptan a cada situación ambiental, con una oferta continua de forraje en cantidad y calidad.

Dicha disponibilidad se detalla a continuación identificando las especies más importantes en función del sub-ambiente en el que se encuentra y la época del año en que produce el mejor aporte (Figura 1).

## LOS “ALTOS”

### TODO EL AÑO:

#### CACTÁCEAS

Especies de gran importancia dentro del sistema forrajero ya que en verano producen flores y frutos para el consumo, y en invierno forraje de emergencia y agua.

#### *Cereus forbesii* (Ucle)

No muy abundante. Las flores, frutos y ramas son fuente de agua para los animales. Los frutos del ucle son menos apreciados que los del cardón ya que “*maduran todos juntos y caen de golpe*”, siendo menos aprovechados. En épocas de sequía queman las espinas o los mismos animales los ramonean en forma directa. Las vacas prefieren las ramas de ucle sobre las de cardón. Según los pobladores “*antes había de más...*”.

***Harrisia pomanensis* (Ulúa, Ulluva)**

No muy abundante. Forma pequeños manchones en áreas medanosas. Los frutos son bien consumidos por los animales. Eliminadas las espinas, aporta agua de calidad. Algunas familias lo cultivan cerca de las viviendas.

***Opuntia quimilo* (Quimilo, Quimil)**

Sólo abundante en áreas peridomésticas. Produce abundantes frutos amarillentos de pulpa amarga y ácida no comestibles que maduran en mayo. El consumo por parte de los animales es considerado por muchos peligroso por los mucílagos que contienen. “*Si lo come la vaca, puede morir*”.

***Stetsonia coryne* (Cardón)**

Medianamente abundante en el monte, siendo muy abundante en los “*bajos*”. Posee los mismos usos que los detallados en el otro sub-ambiente.

**OTRAS ESPECIES**

***Castela coccinea* (Mistol del zorro, Mistolillo, Meloncillo)**

No muy abundante. Produce abundantes frutos y flores. Las hojas son forrajeras y los frutos son comidos por cerdos y cabras. Considerada importante forrajera para las cabras ya que el fruto es uno de los primeros en aparecer, engordando la majada. Tanto la leche como la carne de las cabras toman sabor amargo al consumir los frutos.

**VERANO Y OTOÑO:**

***Cercidium praecox* (Brea)**

Cierta abundancia. Los pastos conviven bien con la brea ya que su sombra es poco densa y protege a las gramíneas. Sus hojas y frutos verdes son forrajeras.

***Mimozyanthus carinatus* (Lata)**

Muy abundante en los “*bordos*”. Las hojas y los frutos verdes son comidas por la majada. Es hospedante muy importante de muchas epífitas, en especial especies de *Tillandsia* spp.

***Prosopis aff. nigra*. (Árbol, Árbol negro, Algarrobo dulce)**

Abundante en áreas peridomésticas, pero es posible encontrarla aisladamente en el monte con escasa influencia salina. Muy apreciado por sus frutos para todo ganado. A veces se junta para tenerlos como reserva de forraje. La producción de frutos es muy variable espacial y temporalmente. La hoja en el árbol es poco ramoneada por las cabras, consumiendo predominantemente las hojas caídas.

***Ziziphus mistol* (Mistol)**

Medianamente abundante. Es ramoneado por la hacienda y “*las cabras comen las hojas caídas*”. Los frutos también son consumidos y algunos todavía los juntan y entrojan como reserva forrajera para todo animal. Presentan abundancia de claveles del aire. Dada la densidad de la copa es escaso el pasto que crece bajo él.

## LOS PASTOS O GRAMÍNEAS

La abundancia y composición está en relación a la presión ganadera. Los pobladores distinguen pocas especies a pesar de que existen más de veinte gramíneas. Destacan solamente dos en este ambiente.

### *Sporobolus pyramidatus* (Pasto remolino, Pasto del viento)

Estival, florece en enero y febrero. Bajo valor forrajero, poco importante como forrajera. Especie crecienta (Anderson *et al.*, 1980). Sólo aparece cuando hay lluvias. Bien comido en primavera (luego de las lluvias) y verano. De escaso valor en invierno. Las raíces no profundizan bien por lo que se arranca con facilidad al ser pastoreado. El nombre alude a que “cuando hay viento, se va”.

### *Trichloris crinita* (Pasto raíz)

Especie estival, florece desde fines de octubre. Muy estimada por los pobladores, considerada el pasto más importante. Su producción depende de las lluvias. “Cuando llueve viene mucho”. Se seca muy fácilmente y en invierno está seco. Muy resistente a la presión de pastoreo por su fuerte sistema radical que le permite rebrotar con facilidad.

Especie indicadora de buena condición forrajera, de buena calidad y buena producción de biomasa. De alta preferencia en verde, pero no en seco.

## INVIERNO:

### *Opuntia sulphurea* (Penca, Quiscaludo)

Abundante, formando colonias extensas y densas. Es fuente de agua importante para los animales y es forraje de emergencia por aportar agua a los forrajes salados y secos en invierno. Para facilitar a los animales el acceso, se les queman las espinas. “Se chamuscan las espinas y lo come la vaca, la cabra...”. Con sed las vacas los comen aún con espinas. Los cerdos comen la raíz. Unos 2000 kg de biomasa producen 1900 l de agua.

## LOS CHAGUARES DEL AIRE

Los más importantes son los que se mencionan, por su abundancia y tamaño.

### *Tillandsia duratii* (Margarita, Azahar, Azahar de carancho, Chaguar del aire)

Es la más grande de las *Tillandsia* en la zona y es considerada importante forrajera para las cabras. Se las junta para darle a los animales e incluso para engordar a los cabritos en el corral. Muy común y abundante en los ambientes con leñosas. Se encuentra con cierta abundancia sobre chañar, lata y cardón y en mucha menor proporción sobre otras especies.

### *Tillandsia xiphioides* (Margarita, Azahar, Chaguar de aire, Clavel del aire)

Se la junta para darle a los animales e incluso para engordar a los cabritos en el corral. Se encuentra con cierta abundancia sobre chañar, lata y cardón y en menor proporción sobre otras especies.

Hay gran abundancia de ambas en las zonas perisalinas. Todos los chaguales de aire son forrajeras en toda época, aunque son más importantes en invierno por la falta de forraje; “*mantiene los animales*”.

Por esto es importante mantener y aún incrementar las poblaciones de los chañares, latas, cardones y otras especies que las hospedan. Un clavel del aire grande pesa en promedio unos 100 g, a 5 ejemplares por árbol y una densidad de 400 árboles por hectárea, aporta 200 kg de forraje por ha.

“*Las cabras mueren colgadas en los árboles porque buscan el azahar, porque se enganchan en las ramas*”, es por esto que son “bajados” con ganchos.

#### PRIMAVERA:

*Tillandsia duratii* (Margarita, Azahar, Azahar de carancho, Chaguar del aire)

*Tillandsia xiphioides* (Margarita, Azahar, Chaguar de aire, Clavel del aire)

*Aspidosperma quebracho blanco* (Quebracho blanco)

Cierta abundancia en áreas sin desmonte. Las cabras comen la hoja tierna y la hoja que cae al suelo.

#### LOS “BAJOS”

##### TODO EL AÑO:

*Stetsonia coryne* (Cardón)

Considerada una de las plantas más importantes de la costa salina por su abundancia y por sus muchos usos. Sus flores y frutos son buenos forrajes para todo animal, los cuales se encuentran disponibles desde noviembre a marzo (incluso hay frutos hasta junio). Producen pocas flores y frutos por vez, pero es constante a lo largo de muchos meses. Aporta minerales y vitaminas, y es una importante fuente de agua vegetal, especialmente en épocas de sequía o al haber consumido los animales forrajes salados. Los animales buscan el cardón como fuente de agua y como regulador fisiológico ya que su consumo elimina los parásitos. A menudo es ramoneada su corteza por su alto contenido de agua, en especial en épocas de sequía y en invierno. Los productores eliminan sus espinas para que los animales tengan mejor acceso. Es importante hospedante de claveles del aire. Se asocia con el cachiuyo. Forma a menudo bosquecillos, con hasta 100 individuos por hectárea. Muy resistente a las sequías, pero muy susceptible a acumulaciones de agua y a incendios. Es de porte mas bajo en las zonas más bajas, dando allí fruta más chica.

*Cyclolepis genistoides* (Palo azul)

Poco abundante. Son muy ramoneadas sus hojas, ramas, flores y frutos, en especial por la majada. En zonas con cierta presión ganadera se encuentran las plantas ramoneadas. Los animales “*levantan las hojas caídas*”.

***Erhetia cortesia* (Maíz de Suri)**

Abundante en zonas peridomésticas y en los bajos “*buenos*”. Considerada buena forrajera. Es resistente al ramoneo y al pisoteo. Muy apreciado por los pobladores locales. “*Con fruta engordan de más*” (todos los animales). Dada su alta concentración salina y relativo bajo contenido de agua, produce al ser comido, la necesidad de mayor consumo de agua, especialmente en invierno. Los frutos maduran hacia fines del verano. El nombre “maíz de suri” alude a que lo come mucho el suri (*Rhea americana*). Muchas especies se asocian, sirviendo esta especie de ambiente protector.

***Maytenus vitis-ideae* (Palta)**

Abundante por zonas. Es buena forrajera, en especial para las cabras preñadas en toda época. Se le cortan ramas con sus hojas para darles a los cabritos en el corral. El consumo de la planta en época de máxima floración “*empacha a los cabritos*”. Provee de agua y sal vegetal a los animales. Es un recurso clave para la subsistencia del ganado durante todo el año. Es la primera que rebrota, aún sin lluvias. El año resulta bueno cuando hay abundancia de palta.

***Geoffroea decorticans* (Chañar)**

Abundante por zonas. Es tolerante a la sequía y al frío. Sus raíces gemíferas dan origen a densos bosquecillos arbustivos, llamados los chañarales. El fruto es bien comido por el ganado. La hacienda se concentra en los chañarales en dicha época. Las hojas son también ramoneadas, y en zonas con cierta presión ganadera se encuentran muy ramoneados los renovales. Las cabras comen incluso las hojas caídas. En épocas de “*epidemia*” (sequía) las vacas “*hasta arrancan el yuchán (cáscara) del chañar*”. Es una especie muy importante en esta zona y cuidada por los pobladores, ya que provee de muchos beneficios. Es “*vecero*” para dar fruta ya que cuando llueve mucho se pudre la base de la flor. La fruta prende mejor en la planta cuando hay sequía. Dado lo ralo de sus copas, puede haber abundancia de forraje herbáceo bajo los mismos. Sus ramas albergan abundantes claveles del aire.

***Trichomania usillo* (Puscana, Usillo)**

Es considerada importante y es comida por el ganado todo el año. En zonas con cierta presión forrajera se encuentra muy ramoneado. Lo comen mejor los animales cuando está verde.

**LOS JUMES**

Se encuentran en los lugares más salinos. Son arbustos con hojas y tallos suculentos.

***Allenrolfea patagonica* (Jume, Jume colorado)**

Muy abundante. Es comido por la majada y las vacas “*cuando es tierno*”.

***Heterostachys ritteriana* (Jume liebre, Jume colorado)**

Muy abundante en las pampas salinas. Es una de las especies que más tolera los suelos salinos. La cabra lo ramonea todo el año, y la vaca sólo cuando se acaba el pasto. Es más

apreciable cuando está “*entre seco y verde*”. Considerado “*muy engordador*” para la majada. Reverdece con el sereno y “*no se hela*”.

***Suaeda divaricata* (Jume, Vidriera)**

Medianamente abundante. Algo consumido por la hacienda.

Todas son forrajeras de mediana a baja calidad. Los altos contenidos de sales hacen que los animales deban beber más agua. Sus contenidos de diferentes sales pueden ser importantes nutricionalmente para el ganado.

***Atriplex argentina* (Cachiyuyo)**

Muy abundante. Se encuentra en altas densidades de hasta 1000 ejemplares por hectárea pudiendo aportar hasta 2000 kg de forraje por ha y año. Considerada una de las forrajeras más importantes para todo el año. Es resistente a sequía y a cierto encharcamiento. Es resistente al ramoneo y al pisoteo. Es la reserva forrajera por excelencia para todo animal en especial en invierno y en veranos secos donde los pastos producen poco. La producción de frutos es muy abundante y estos son muy consumidos.

Dada su concentración salina y relativo bajo contenido de agua, produce al ser consumido la necesidad de mayor consumo de agua por parte del ganado, especialmente en invierno. Es un excelente suplemento forrajero para los animales de granja. Los cerdos lo consumen en abundancia. Sirve de ambiente protector a muchas especies.

***Lippia salsa* (Enredadera, Yerba del ciervo)**

La cabra lo come en abundancia, mientras que la vaca poco. Algunos consideran que la vaca también lo come bastante. “*Tiene una papita y es buscada por los chanchos*”.

**VERANO:**

***Prosopis reptans* (Mastuerzo)**

Abundante en los bajos con cierta acumulación de agua. Tanto los frutos como las hojas son forrajeros, en especial para las cabras, pero también son consumidos por los vacunos, en especial sus frutos. “*Es forraje muy duro en invierno*”. Sirve de ambiente protector a muchas especies.

***Lycium spp.* (Pela suri)**

Son característicos de los bajos salinos siendo allí muy abundantes. Indican zonas de alta degradación. Sólo “*comen algo las cabras*” y “*sólo cuando no hay otra cosa*”, únicamente en verano, ya que en invierno al no tener hojas desgastan los dientes de los animales. Sirve de ambiente protector a muchas especies.

***Plectrocarpa tetraantha* (Rodajilla, Manca caballo)**

Abundante en barreales. Indica zonas de alta degradación. Las cabras comen las hojas en primavera y verano, en invierno se caen las hojas.

*Sporobolus pyramidatus* (Pasto remolino, Pasto del viento)

*Trichloris crinita* (Pasto raíz)

#### OTOÑO:

*Grahamia bracteata* (Gusanillo, Vinagrillo)

Medianamente abundante. Es forraje tanto para cabras como para vacunos, en especial en otoño, antes que caigan sus hojas. La hoja se usa para mitigar la sed. El nombre de vinagrillo es probable que se deba al sabor de las mismas. Es acuosa y con gusto a limón.

#### INVIERNO:

*Monanthochloe acerosa* (Pasto guanaco)

Muy abundante en las pampas salinas, donde constituye uno de los elementos mas característicos de las estepas de *Allenrolfea patagonica*. Muy importante para los sistemas ganaderos sobre todo en la época invernal donde escasean los forrajes de otros ambientes. “*La helada no le hace nada...sí el sol y la seca*”. En época de inundaciones y lluvias excesivas muere. Para que los sistemas ganaderos funcionen bien es necesario contar con una superficie importante de este sub-ambiente. “*La hacienda se pasa meses en la pampa (salina)*”. Llamado pasto guanaco por ser muy pastoreado por este animal (*Lama guanicoe*). “*Pasto de él*”.

#### PRIMAVERA:

*Grahamia bracteata* (Gusanillo, Vinagrillo)

Lo come la cabra en época de lluvias. Importante forraje en primavera ya que es “*el primero en salir*”, “*con la primera lluvia verdece*”.

#### ÁREA PERIDOMÉSTICA

##### TODO EL AÑO:

*Opuntia ficus-indica* (Penca)

Cultivada en cercos ubicados en el área peridoméstica por su importancia como forraje de emergencia y contenido de agua. Los pobladores cortan los cladodios, flores y frutos para dar en el corral a los animales. La ausencia de espinas facilita el manejo. Importante porque “*baja la leche de los animales*”.

*Atriplex nummularia* (Atriplex)

De reciente introducción en la zona por lo que está poco difundida. Especie cultivada en cercos y utilizada para darles a los cabritos en los corrales. Posee propiedades similares al *A. argentina* presente en la zona, pero de mayor producción por planta y menor contenido de sales en sus tejidos.

*Ehretia cortesia* (Maíz de Suri)

*Maytenus vitis-ideae* (Palta)

VERANO:

*Cynodon dactylon* (Gramilla)

Sólo se encuentra en lugares con cierta humedad y no salinos, como en los bordes de las represas o en áreas de acumulación de agua. Considerada buena forrajera para todo animal.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, D. L., J. Del Aguila, A. Marchi, J.C. Vera, A. Bernardon & E. Oriente.

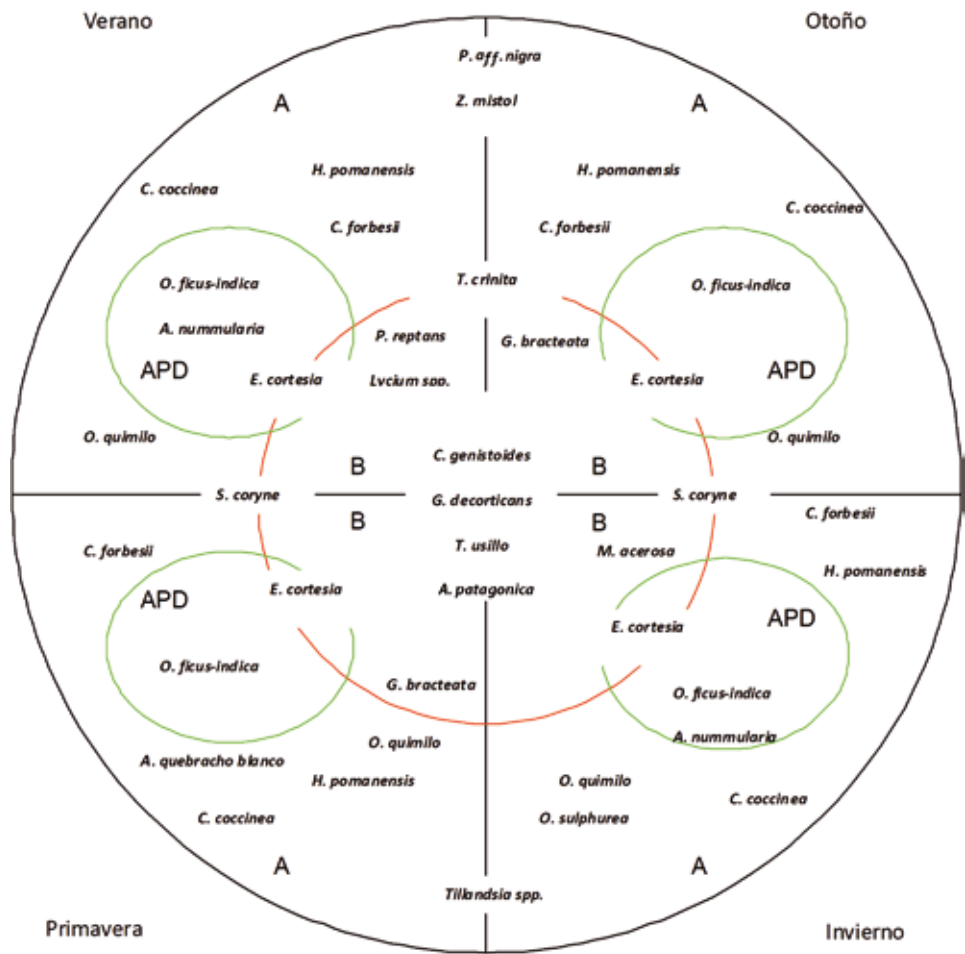
1980. Manejo racional de un campo en la región árida de los Llanos de La Rioja. República Argentina. Partes I y II. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.

Dargám, R. M. 1995. Geochemistry of waters and brines from the Salinas Grandes basin, Córdoba, Argentina. I. Geomorphology and hydrochemical characteristics. *Int. J. of Salt Lake Res.* 3:137-158.

Karlin, U., L. Catalán & R. Coirini. 1994. El Chaco Seco. Un Ambiente con Vocación Forestal. GTZ. Salta, Argentina.

Ragonese, A. E. 1951. La vegetación de la Republica Argentina. II.- Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Rev. Inv. Agríc.* 5(1-2):1-233.

Ruiz Posse, E., U. O. Karlin, E. Buffa, M. Karlin, C. Gaii Levra & G. Castro. 2007. Ambientes de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina* 16:123-138.



Referencias: A: "Altos"; B: "Bajos"; APD: Área peridoméstica

Figura 1: Esquema de distribución espacial y temporal de las especies forrajeras más importantes.

# Assessment of biodiversity laws and policies in protected areas: case study of Cross River National Park, Kainji Lake National Park, and Old Oyo National Park, Nigeria

G.A. LAMEED\*, M.G. OLUJIDE

Faculty of Agriculture and Forestry, University of Ibadan, Nigeria.

\*Email: lamgbola2008@gmail.com

## ABSTRACT

*This study assessed the biodiversity laws and policies in Protected Areas, using Cross River National Park, Kainji Lake National Park and Old Oyo National in Nigeria as case study. The problems emanating from such policies and legislation were identified and integrated approach in the conservation of the nation's biodiversity was investigated.*

*The results revealed that the present law (Decree 46 of 1999) operating to conserve wildlife resources in the Protected Areas is weak and endangered species Decree of 1985 have limited operational coverage. The rate of arrest and aggregate of fine in Kainji Lake National Park (KLNP) increased from 172 people arrested in 1991 to 229 people in 2001, with aggregate increase in fine from N31,800 to N1.5million. In Old Oyo National Park (OONP) there was no record of arrest in 1991 until the year 1998 when the rate of arrest increased to peak (65 people) with aggregate fine of N74,300. Cross River National Park (CRNP) also witnessed no rate of arrest until 1994 when 3 offenders were first recorded. The implementation of the decree in area of apprehension of offenders is totally weak in CRNP. The response of local people towards government policies in CRNP was poor in all the highlighted conditions except for tourism possibilities and International Organization assistance. While in other two National Parks (KLNP and OONP), the respondents supported conditions and policies implementation. In general, the people response towards government policies in all the study areas was significant ( $P < 0.01$ ).*

*It was concluded that the protection staff should be more enhanced and various facilities needed should be considered for their live insurance. Encouragement should be given to community participation, traditional practices, customs, and taboos that are in consonance with the ethics of conservation.*

*Key words: biodiversity, government, legislation, national parks and policies.*

Traditionally and culturally, African communities were originally linked with their natural resources, especially resources of biodiversity. However, conservation policies coupled with militaristic laws have tended to sever these linkages. This alienation of indigenous communities

backed up with repressive legislation had no respect for Chiefs, rural communities, and their traditional and cultural values. This approach to conservation has grievous consequences by dismembered the philosophy underlying the structure of African life (Nwenya & Cosmas, 1991).

Deprivation and loss access to these protected areas thus evoked a strong sense of injustice among the African rural communities who lived closest to resources of biodiversity to the extent that they resorted to “illegal activities” especially poaching. The colonial and post-colonial governments responded by adopting a vigorous militaristic anti poaching strategy. The communities interaction with biodiversity resources is often termed illegal, under the existing repressive laws and policies, hence the biodiversity have continued to suffer severely from poaching. Practically, all the former colonial African countries had undergone this experience in their hand to conserve what was left in their biodiversity resources. According to Bromley and Cornea (1989), any conservation legislation that refuses to accommodate the needs of the local people will fail.

According to Ibeun (1991), Nigeria is blessed with abundant natural and mineral resources which if fully harnessed will provide the nation with high revenue and foreign exchange. The biodiversity resources if carefully and skillfully tapped will contribute immensely to these much needed revenue and foreign exchange. Unfortunately, the nation's biodiversity is grossly threatened as a result of many factors especially obsolete legislation. Nest (1991) reported that tropical rainforests in Nigeria are being lost at the rate of over four hundred and five thousand (405,000) hectares per annum. This implies that about twenty (20) to seventy five (75) species will be lost per day, and ten million species would have gone by the year 2040.

Policies and legislation that could have salvaged the problem of biodiversity loss in Nigeria do not take the needs of the local people into cognizance hence not successful in Nigeria. These policies and laws which metamorphosed from regional/state edicts are not uniform in all the states of the federation and the associated protected areas, hence there is need for a national and unified law that will bind all the states and their associated protected areas, Ayeni (1992). All existing wildlife laws in Nigeria originated from the old Western Nigeria Wild Animal Preservation Law of 1916 as reported by Ayeni (1992). The laws are as follows, The Wild Animal Preservation Law 1916 (cap 132): The law protects certain species of wildlife. Examples are elephants, ostriches, and crocodiles. This law also allows giving of licenses to hunt certain species of animals.

The law divides various animals' species into schedules:

Schedule 1: Animals completely protected by law.

Schedule 2: Animals hunted or captured under a visitor, resident or non-native licence.

Schedule 3: Animals that can be hunted freely.

This law also prohibits the use of traps in wild animals. Penalties are stipulated for contravening this law. The law has however, been amended by Lagos and former Bendel States. This law also has jurisdiction over Ondo, Ekiti, Ogun, Oyo, and Osun States. The Wild Animal Preservation Law was documented on 30<sup>th</sup> may 1916.

Endangered Species Decree of 1985 was promulgated on the 20<sup>th</sup> April 1985 and has jurisdiction in all the states of the federation. The law seeks to control the trade and traffic of endangered species. The law came into being as a measure to implement the convention on International Trade Traffic on Endangered species of wild fauna and flora (CITES). The convention came into force on the 3<sup>rd</sup> of March 1973 in Washington DC. Nigeria became a signatory to this convention on the 9<sup>th</sup> of May 1974.

This paper therefore, highlights and access the existing biodiversity laws and policies especially those of wildlife in three national parks (Old Oyo National Park, Kainji Lake National Park and Cross River National Park) as well as the rate of arrest within the period in Nigeria. The specific objectives are as follows:

1. To assess the current biodiversity laws and policies in Nigeria and its acceptability among indigenous communities in and around protected areas.
2. To determine problems emanating from such policies and legislations as they affect the local people livelihood, as well as the rate of arrest of offenders within the period.
3. To suggest an integrated approach in the conservation of the nation's biodiversity conservation on the conservation of migratory species of wild animals.

## STUDY AREA AND METHODOLOGY

The study was carried out in three National Parks (Kainji Lake National Park, Cross River National Park and Old Oyo National Park) in Nigeria. The Kainji Lake National Park (KLNP) is located at the boundaries between the Sudan and Northern Guinea Savannas. It lies between latitude 9°45' and 10°23'N and between longitude 3°40' and 5°47'E. It covers a total area of 5,340.82 km<sup>2</sup>. The Borgu sector covers an area of 3,470.02 km<sup>2</sup> while the Zugurma sector is 1,370.89 km<sup>2</sup> it is situated in Niger and Kwara States.

The Cross River National Park covers an area of about 5,344 km<sup>2</sup> with two divisions namely Okwangwo and Oban. It lies between latitude 6°4' and 6°29'N; longitude 9° and 9°27'E. South east of Obudu town with the eastern boundary extending along the Cameroon border (Obot *et al*, 1996).

Old Oyo National Park is situated in Ifedapo Local Government Area of Oyo State. It lies between lat 8°5'N and 9°0'N and longitude 3°35'E and 4°42'E. It covers an area of about 2,550 km<sup>2</sup> enclosing the historical sites and ruins of Old Oyo Empire.

Numbers of methods were employed to carries out the research. The methods include:

1. **Use of questionnaires:** Questionnaires were administered in some of the villages of the study areas. Since majority of the respondents were illiterates, an interpreter was employed to interpret the questions to respondents.

The study was carried out in the three National Parks: KLNP, OONP and CRNP. In KLNP, villages covered are Wawa and Ibbi; Sepeteri for OONP while Butatong, Kanyang (Nos I and II), Kakwe, Beebo, Obudu Cattle Ranch, Bajike, Wula and Abo-Mpang were covered for CRNP, and respondents were picked randomly. Information sheets were drawn and taken to the three National Parks Headquarters to obtain information and data on the parks.

2. **Oral interviews:** A series of oral interviews were also held with some individuals to obtain information that are not provided by the questionnaire.

3. **Files-records and personal observation (Desk review):** Information obtained was augmented from files and records from the head offices of the three parks; Information was also obtained from journals and other materials from libraries while personal observation was also taken into cognizance.

The overall sample size of questionnaire administered is 266 (CRNP - 133, KLNP - 133 and OONP - 133). Stratified sampling technique was used, according to Harper (1977).

## RESULTS

The legal document that established the National Parks, their staff strength and number of protection staff in each park are listed in Table 1; Each National Park is making up of at least six departments, viz: Engineering, Maintenance, Ecotourism, Account, Protection, Research, Planning and Publicity/exhibition. Among all, protection staff is the highest in number with the main function of total surveillance, apprehension, and prosecution of any unauthorized intruder or offender of the regulation.

Table 2 traced the former and present laws and conventions that are operating in the protected areas. All the protected areas under study metamorphosed from gazette Game Reserves through various Wild Animal Laws and Edicts dated back to 1963 according to regional basis and amended in 1975. Presently, Decree 46 of 1999 is the legal policy of protection and management, while Decree 11 of 1985 is meant for protection of endangered species, control of International trade and traffic.

The rate of arrest and aggregate of fine accrued from the three protected areas (KLNP, CRNP, OONP) were presented in Tables 3, 4, and 5 respectively. Between the years 1991 to '98 the number of arrest and rate of those fined or jailed in each National Park was summarily lowered than the year 1999 to 2002, despite the fact that amount of fine and other punishments in the present Decree 49 of 1999 are more stringent. The illegal hunting and other offences committed are seriously embedded in human's nature and practiced along with other demographic factors such as culture, educational background, age, and circular job.

Various offences committed in the National Parks during the study range from poaching, grazing, farming, bush burning, logging, and people residing within the territory. Table 6 indicated the rate of arrested people in each of the National Park. All the illegal activities were observed in the three study sites, but the rate of arrest were higher in OONP and KLNP, while the arrest rate was least in CRNP.

The people's responses towards government policies are shown in the Figures 1, 2 and 3, for the three parks respectively while the three parks are later compared to give an overall outlook of the people's responses to the wildlife policies in Nigeria (Figure 3). The government policies are coded P1, P2, P3, P4, and P5 respectively.

P1 means that government has placed a ban on the extraction of resources from the park through legal machineries. P2 means that government has made a decision to map out the

specific areas for the purpose of conservation. P3 means that the place should be conserved for posterity in such a way that the resources should be protected and at the same time rationally utilized by the government and the people to ensure its perpetuity. P4 means that tourism possibilities of the area are to be harnessed. P5 means that the government has allowed some International organizations to give aids to the area in several forms. These include financial, institutional, management and administrative aids.

However, it was noted that policy 5 is only peculiar to CRNP because of its ecological qualities, which are of high significance. The response of the people is coded S and NS. S - These are in support of the policy. NS - These are not in support of the policy.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

For each of the park, the response of the people was highly significant at 1% probability level; hence the null hypothesis (Ho) that states that the response of the local people of the parks is not contingent on the policy is rejected. The combined response for the three parks is the same as other park. This implies that the people are highly sensitive towards the policy of government. However, the nature of their sensitivity is that they are not in support of government policy.

From the results, it was observed that there are array of problems encountered during anti poaching patrols, these include.

- (a) Attack of park guards (Peculiar to KLNP and OONP)
- (b) Inadequate camping equipment (Peculiar to CRNP)
- (c) Inadequate fire arms (Peculiar to CRNP)
- (d) Inadequate vehicles for protection department (Peculiar to CRNP)

The managements of the various parks are currently educating the surrounding communities on the need to conserve the resources of the parks. The Okwango Division of CRNP inaugurated a Village Integrated Rural Development Committee (VIRDC) in thirty-six support zone communities while conservation clubs in primary and secondary schools are formed. Also, the theatre group of the park produces series of drama in these support zone communities to generate conservation awareness. Furthermore, incentives were given to communities and these include roofing sheets, seedlings for planting as well as employment for indigenous.

In KLNP, conservation clubs are set up in primary and secondary schools around the park, while incentives like electricity is given to the people of Ibibi. Also, film shows, seminars, symposia, and the villages are often organized to sensitize the people on the importance of conservation. More than 50% are in support of Protected Area policy.

In OONP, enlightenment campaigns are often organized for the indigenous people, visits to village heads and chiefs are also carried out to educate them on the need to conserve the resources of the park. According to the three parks, the responses of the target groups have been positive with more than 60% in support of the policies.

Respondents that were in support of government policy agreed with the idea and proposals of government. They believed that their communities stand to gain a lot from the government

in the short or long run. But in the actual sense, these groups have not agreed to government terms because they often extract resources from the park for survival and they affirm that they have to do this because they do not have alternative respondents who are not in support of the policy believe that the government is doing them a harm by alienating them from their God given resources. This group showed their grievances by reacting against government policies. They even go to the extent of attacking park officials. A typical example is the case of George Ojo who was brutally murdered on OONP in 1991 (Park News, 1992).

Furthermore, the people's opinion about conservation and government policy affects conservation activities in these parks. Some of them agreed that wild animals as destructive elements in their farms, hence these animals will be killed at any time. Others believe that wildlife species are delicacies. For instance in Wula, Cross River State, Monkeys are delicacy, hence the people are appealing to government to give them substitute if they should stop poaching for monkeys.

The laws and policies should be reviewed to effectively regulate the use of biodiversity resources, encourage local or private sector participation in biodiversity resources development, and improve on public ethical standards (Adeola, 1991). Law enforcement in National Parks and other protected areas is very weak. Government should make provision for adequate surveillance in protected areas. Such facilities like vehicles, firearms, camping equipment, and attractive honourarium for protection staff are all needed for adequate law enforcement.

There is need to encourage traditional practices, customs and taboos which are in consonance with the ethics of conservation. According to Okediran (1995) such customs and practices should be given a place in policy formulation and implementation. Sustainable employment opportunities should be created for indigenous people, living in and around the enclave villages of the National Parks. The number of indigenes who enjoy employment from the park is very small. The government should create more jobs by introducing more schemes that will demand their labour in which a vast majority of indigenes can be involved.

Government should encourage domestication of wildlife species. This will assist in diversify the attention of the rural people from wildlife resources of the park. Other practices that should be encouraged include agro forestry and game ranching. Communities should be involved in policy making within the limits of convenience to resource conservation agenda, while benefits and incentives should be given to communities to compensate them for any form of wildlife damage to their farms. It is believed that if these recommendations are adhered to, there will be increase in wildlife population hence biodiversity loss will be reduced.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

- Adeola, M.L.** 1991. Wildlife Conservation In Nigeria to Projected Trend In human Population, Land use Desertification and the quality/quantity of Tropical Rain Forest. In: *FAN Conf. Proc.* Oni P. I. Edit. 1991 p. 326- 330.
- Ayeni, J. S. O.** 1992. National Resources conservation on Policy. Policy paper on wildlife and grazing land. An FAO NARESCON United Consultancy report presented at National seminar on National Resources Policy at Abuja 10<sup>th</sup> - 11<sup>th</sup> Nov, 1992. p. 1 - 2, 29, 32, 37.
- Bromley, D and M. Cornea.** 1989. The management of common property natural resources: Some conceptual and operational fallacies. *World Bank Discussion Paper 57*. The world Bank, Washington D. C. p. 44 - 59.
- Harper, W. M.** 1977. Statistics M. and E Handbook series, third edition Macdonald and Evans Limited.
- Ibeun, J. S.** 1991. The importance of National Parks and Game Recreation. An invited paper to mark the 10<sup>th</sup> anniversary of the Department of wildlife and fisheries management University of Ibadan 26 - 29 August, 1991.
- Nest.** 1991. Nigeria threatened Environment. A publication of the Nigeria Environment study/Action Team. Intec printers Ibadan. p. 182 - 187.
- Nwenya, M. & N. O. Cosmas.** 1991. Conflict studies in conservation areas in Central Africa Depramic printers, Ekok, Cameroon. p. 49 - 57.
- Obot, E., G. Ogar, C. Edet, C. Olory, J. Ayek & C. Akongke.** 1996. Biodiversity inventory in the Okwangwo Division, Cross River National Park. Progress Report 1994 - 1996. p. 1 - 21.
- Okediran, A. Y.** 1995. Conservation, Customs and Community Participation in National Resources Conservation in Nigeria - Doing so little with so much seminar paper presented at the Department of Public and International law University of Ibadan. 25<sup>th</sup> April 1995.
- Ola - Adams, B. A.** 1981. Strategies for conservation and Utilization of forest genetic resources in Nigeria. *Nigerian Journal of forestry*. 11 (2): 32 - 40.
- Ola - Adams, B. A.** 1996. Conservation and Management of Biodiversity. In: *Proceedings of the inception meeting and Training workshop on: Biodiversity Reserves for Biodiversity Conservation and sustainable development*, p.118-133, Edited by B. A. Ola-Adams.
- Ola - Adams, B. A. & L. O. Ojo.** 1996. Assessment and monitoring Techniques in Nigeria. Eds Published by Nigerian National Committee for Man and the Biosphere (MAB).
- Park News Bulleting.** 1992. Old Oyo National Park Bulletin. Conflict Study in Protected Areas of Nigeria. Vol.1, No 2. p. 30.
- World Development Report.** 1994. Infrastructure for Development. World Bank, Washington; 3<sup>rd</sup> Series report. p. 34.
- WRI.** 1993. A report by the world Resource Institute with UNEP and UNDP. Oxford University pres. p. 127 - 130.

**Table1.** Staff strength and established decree in the national parks.

| Park | Legal Document of Establishment | Staff Strength | Number of Protection Staff |
|------|---------------------------------|----------------|----------------------------|
| KLNP | Decree 46 of 1999               | 236            | 68                         |
| CRNP | Decree 46 of 1999               | 169            | 34                         |
| OONP | Decree 46 of 1999               | 169            | 75                         |

**Table 2.** Laws and international conventions operating in the national parks.

| Park | Past Protection Laws                                                               | Present Protection Laws              | International Convention                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| KLNP | Decree 46 of 1979, Decree 36 of 1991 Wild animal Law edict of 1963 amended in 1975 | Decree 46 of 1999, Decree 11 of 1985 | Convention on Intenational Trade In Endangered Species (CITES) |
| CRNP | Eastern Nigeria Forestry Ordinance CAP 55 of 1930, Decree 36 of 1991               | Decree46 of 1999, Decree 11 of 1985  | CITES                                                          |
| OONP | Wild Animal Preservation Law of 1916, Decree 36 of 1991                            | Decree 46 of 1999, Decree 11 of 1985 | CITES                                                          |

**Table 3.** Rate of arrest and aggregate of fine in kainji lake national park (1991- 2003).

| Year            | Number arrested | Number tried | Number jailed | Number discharged | Number fined | Aggregate of fine (N) |
|-----------------|-----------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| 1991            | 172             | 35           | 2             | 15                | 33           | 31, 800.00            |
| 1992            | 112             | 60           | 7             | 13                | 40           | 71, 500. 00           |
| 1993            | 152             | 40           | 3             | 7                 | 30           | 65, 000. 00           |
| 1994            | 75              | 30           | 4             | 2                 | 27           | 45, 300. 00           |
| 1995            | 70              | 12           | 1             | 8                 | 11           | 134, 000. 00          |
| 1996            | 81              | 51           | 3             | 6                 | 42           | 175, 000. 00'         |
| 1997            | 129             | 84           | 5             | 2                 | 65           | 286, 500. 00          |
| 1998            | 201             | 164          | 4             | 1                 | 132          | 419, 200. 00          |
| 1999            | 372             | 250          | 5             | 13                | 210          | 799, 000. 00          |
| 2000            | 165             | 140          | 3             | 5                 | 110          | 940, 000. 00          |
| 2001            | 229             | 185          | 5             | 3                 | 152          | 1, 535, 500. 00       |
| 2002            | 140             | 95           | 2             | 5                 | 84           | 1, 087, 500. 00       |
| 2003 Jan – June | 66              | 50           | 1             | 3                 | 41           | 320, 000. 00          |

**Table 4.** Rate of arrest and aggregate of fine in cross river national park (1991-2003).

| Year | Number arrested | Number tried | Number jailed | Number discharged | Number fined | Aggregate of fine (N) |
|------|-----------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| 1991 | -               | -            | -             | -                 | -            | -                     |
| 1992 | -               | -            | -             | -                 | -            | -                     |
| 1993 | -               | -            | -             | -                 | -            | -                     |
| 1994 | 43              | 21           | -             | -                 | -            | -                     |
| 1995 | 31              | 15           | -             | -                 | -            | -                     |
| 1996 | 28              | 22           | 3             | 17                | 10           | 65,300:00             |
| 1997 | 20              | 15           | 1             | 11                | 9            | 52,200:00             |
| 1998 | 17              | 13           | 5             | 8                 | 5            | 35,100:00             |
| 1999 | 15              | 14           | 2             | 10                | 6            | 83,300:00             |
| 2000 | 14              | 10           | 2             | 6                 | 4            | 68,550:00             |
| 2001 | 10              | 08           | 1             | 5                 | 4            | 71,000:00             |

**Note:** In CRNP, arrests started in 1994

**Table 5.** Rate of arrest and aggregate of fine paid in old oyo national park (1991- 2003).

| Year | Number arrested | Number tried | Number jailed | Number discharged | Number fined | Aggregate of fine (N) |
|------|-----------------|--------------|---------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| 1991 | -               | -            | -             | -                 | -            | -                     |
| 1992 | -               | -            | -             | -                 | -            | -                     |
| 1993 | 17              | 4            | -             | -                 | 4            | 2, 000.00             |
| 1994 | 35              | 32           | 3             | 4                 | 23           | 15, 450.00            |
| 1995 | 95              | 76           | 2             | 3                 | 71           | 67, 300.00            |
| 1996 | 50              | 44           | 1             | 5                 | 41           | 45,637.00             |
| 1997 | 41              | 37           | 5             | 2                 | 35           | 43,500.00             |
| 1998 | 65              | 55           | 3             | 1                 | 53           | 74,300.00             |
| 1999 | 32              | 29           | 2             | 2                 | 26           | 38,700.00             |
| 2000 | 28              | 24           | 1             | 3                 | 20           | 27,155.00             |
| 2001 | 21              | 20           | 3             | 2                 | 14           | 21,400.00             |
| 2002 | 20              | 17           | 3             | 5                 | 13           | 20,830.00             |
| 2003 | 23              | 20           | 2             | 1                 | 18           | 20,322.00             |

**Table 6.** Offences committed rate in the national parks during study.

| Park | Gathering | Poaching | Grazing | Farming | Fishing | Trespassing | Fire | Felling | Residing |
|------|-----------|----------|---------|---------|---------|-------------|------|---------|----------|
| CRNP | X         | ✓        | X       | X       | X       | X           | ✓    | ✓       | X        |
| KLNP | ✓         | ✓        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓           | ✓    | X       | ✓        |
| OONP | ✓         | ✓        | ✓       | ✓       | ✓       | ✓           | ✓    | ✓       | ✓        |

X- People not often arrested. ✓ - People often arrested

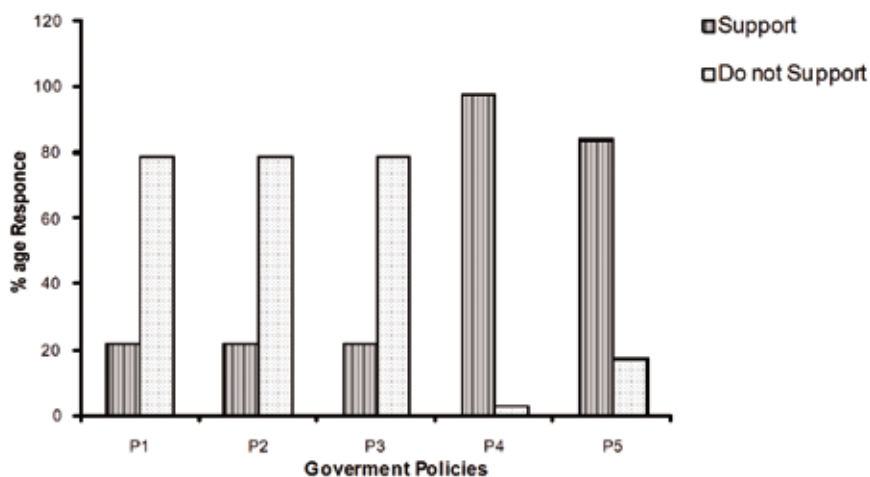
**Table 7.** People response on government policy in the study areas.

| National Park           | Df. | X <sup>2</sup> | Probability |
|-------------------------|-----|----------------|-------------|
| CRNP                    | 4   | 485.48         | 0.01        |
| KLNP                    | 3   | 20.41          | 0.01        |
| OONP                    | 3   | 13.95          | 0.01        |
| Combination of the NPs. | 3   | 355.44         | 0.01        |

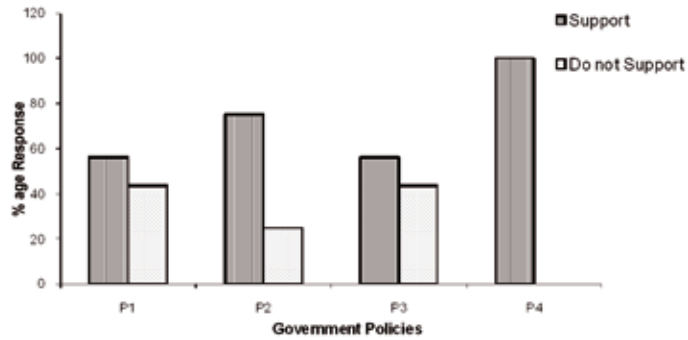
Chi-square (X<sup>2</sup>) statistical Analysis:

Combined (CRNP, KLNP, OONP) Degree of freedom = 3

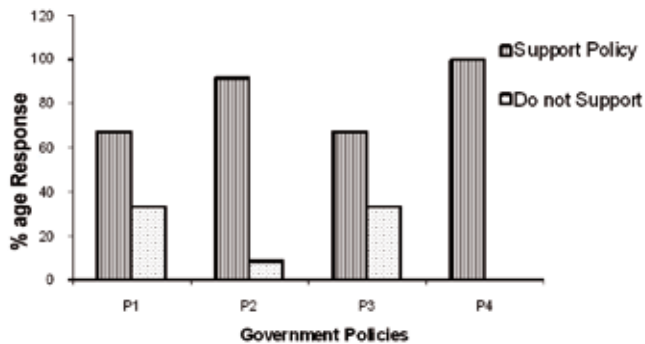
X<sup>2</sup> Value = 355.443, Probability = 0.01 (P < 0.01)



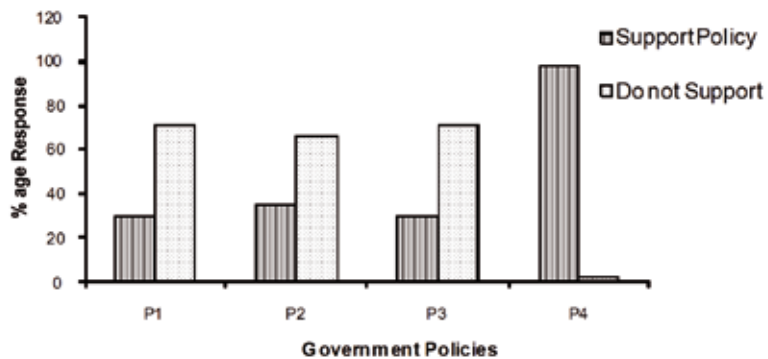
**Figure 1.** Component Bar Chart Showing Percentage Response of Respondent Toward Government Policies on CRNP.



**Figure 2.** Component Bar Chart Showing Percentage Response of Respondent Toward Government Policies on KLNK.



**Figure 3.** Component Bar Chart Showing Percentage Response of Respondent Toward Government Policies on OONP.



**Figure 4.** Component Bar Chart Showing Percentage Response of Respondent Toward Government Policies on CRNP, KLNK, and OONP.

# Physico-chemical analysis and odour improvement of Traditional shea butter (*Vitellaria paradoxa* Geartn. F.)

TAYE R. FASOLA\*, O. AYOADE

Faculty of Science, University of Ibadan, Nigeria.

\*Email: fasolatr@yahoo.com

## ABSTRACT

*Vitellaria paradoxa*, an economic tree of the savanna revealed a high fat composition of 88,4% from the proximate analysis of seeds while the physico-chemical analysis revealed a high saponification value of 233mg KOH/g followed by the iodine value of 41,05mg/g with 0,17% free fatty acid value. The elemental analysis showed phosphorous to be the highest (26,2mg/g), followed by potassium and calcium with low iron content of 0,045.

The results of the experiment on odour removal showed petroleum ether to be the best, which was followed by activated carbon, with no changes observed with ethanol and sliced onions (organoleptic).

**Key words:** physico-chemical analysis, rancidity, traditional butter, *Vitellaria paradoxa*.

The relationship between plants and man has given the world invaluable benefits. *Vitellaria paradoxa*, a Tropical-Africa savanna tree offers so many uses in the savanna as oil palm (*Elaeis guineensis*) offers in the forest. It is a source of edible fat and oil in savanna areas of Nigeria (Okafor, 1980). *Vitellaria paradoxa* is relevant to socio-economic and well being of rural and urban people as it has diverse usage. It is widely used to treat skin problems such as dryness, sunburns and ulcers (Bonkougou, 1987). It is also used as moisturizer in hair dressing (Eczema & Ogujiofor, 1992). Shea butter has healing properties and as such used to relieve rheumatic and joint pains as well as wound healing.

The sticky black residue by-product from the production of shea butter is used as termite repellent and as water proofing agent in the repair of hut walls and damaged roofs (Marchaund, 1988). Awodoyin *et al.* (1997), discussed the high potential of farmers' adoptability of vitellaria-based agroforestry from the stand point of the socio-economical and ethnobotanical values of shea butter tree.

Although *V. paradoxa* is useful to humans in various ways, the unpleasant organoleptic odour makes the shea butter unattractive for use by many people. This is a major problem that contributes to the general dislike and thus makes people downgrade the invaluable multipurpose uses of the oil. To this effect, this study was to know if the rancidity of shea butter could be improved upon and also to carry out the physio-chemical composition on shea butter.

## METHODOLOGY

Traditional production of shea butter is from the seeds of *Vitellaria paradoxa* by de-pulping, drying, shelling which involved pounding so as to break them into small sizes and finally subjected to powdery form.

## EXTRACTION OF FAT

The powdered seeds of *V. paradoxa* were mixed in hot water, and the resulting semi-solid mixture was stirred in one direction and continuously to reach a dough-like consistency. The paste was allowed to settle with the oil floating on top of the supernatant and decanted periodically, leaving a brown solid residue devoid of oil. The floating oil was skimmed and washed repeatedly in a basin with cold water to separate out the fat (shea butter).

The Shea butter is subjected to scientific evaluations such as proximate, physico-chemical analysis and odour improvement analyses following standard methods.

## RESULTS

The results of proximate analysis showed fat to be the highest of 88,4%, followed by ash content 1,3%, crude fibre 1,2% and protein 0,6% (Table 1).

The phytochemical analysis of *Vitellaria paradoxa* showed the presence of Saponins, Alkaloids, Tannins and Cardiac glycosides.

Physico-chemical composition of shea butter as indicated in Table 2 showed saponification value of 233 Mg/KOH/g, which was the highest while the free fatty acid was the least with 0,17%.

In the elemental composition, phosphorous recorded the highest concentration, followed by potassium, calcium and sodium. Manganese had the least value while copper was not detected (Table 3).

The improvement on rancidity of shea butter indicated that petroleum ether best removed the odour followed by activated carbon while no improvement was observed with ethanol and onion slices (Table 4).

## DISCUSSION

The proximate analysis shown in Table 1 showed that the moisture content of *Vitellaria paradoxa* seed is low (6,2%). A low moisture content is advantageous in terms of keeping the quality and shelf-life. The fact that the fat content is very high (88,4%), could be the basis for which shea butter is mostly referred to as fat rather than oil.

The crude fibre and ash content are indices of the suitability of the seed cake for compounding animal food. As stated in the theory and practices of food, an ash and crude fibre content greater than or equal to five ( $\geq 5,0$ ) is not acceptable for use.

The presence of some secondary metabolites has justified the numerous roles of the plant in ethnomedicine.

The saponification of *V. paradoxa* seed which is very high (233mg KOH/g) as indicated in Table 2, makes the oil suitable in the manufacture of soap and thus a good substitute for

palm oil and coconut oil. The low iodine value of 14,05mg/g is indicative of its preponderance of saturated fatty acid in shea butter.

The presence of the elemental composition in Table 3 showed the presence of some valuable elements that are supportive of its use to mankind. The findings on the improvement of the odour of shea butter presented in Table 4 showed petroleum ether as the best reagent. Petroleum ether is a mixture of alkanes and is obtained from petroleum refineries. It is a colourless liquid and insoluble in water. This substance was evaluated for acceptable daily intake for man by the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives in 1970 and 1980 and a toxicological monograph was issued in 1971. However, petroleum ether has been used to extract edibles by several workers (Kar & Okechukwu, 1978; Yalin *et al.*, 2006 and Nwobi *et al.*, 2006).

#### BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

- Awodoyin, R. O., B. A. Adelaja & O. A. Denton. 1997. *Vitellaria paradoxa* in the farming system of Nigeria humid savanna. In: Oduwaye, E. A., P. C. Obiaga & J. E. Abu (eds.). *Environment and Resource Development*. Forestry Association of Nigeria. p. 226 - 233.
- Bonkougou, E.G. 1987. Monographite du karite, *Butryospermum paradoxum* (Gaetn. F) Hepper, espece agraforesture a usages multiples. Institute de la Research en Biologie et Ecologie Tropicale Centre National de la Research Scientifique et Technologic Ougadougou. 69 p.
- Ezema, D. O. & K. O. Ogujiofor. 1992. The evolution of *Butryospermum paradoxum* as a suppository base. *International Journal of Pharmacognosy*, 30: 275-286.
- Kar, A. & A.D. Okechukwu. 1978. Chemical investigations of the edible seeds of *Pentaclethra macrophylla* Benth. *Plant foods for human nutrition*. 28:1:29-36.
- Marchand, D. 1988. Extracting profit with a shea butter press. *International Development Research Report*, 17: 14-15.
- Nwobi, B. E., O. Ofoegbu & O.B. Adesina. 2006. Extraction and Qualitative assessment of African sweet orange seed oil. *African journal of food Agriculture Nutrition and Development*. 2:6, 1-11.
- Okafor, J.C. 1980. Edible indigenons wood plants in the rural economy in the rural economy of the Nigerian Forest zone. *Forest Ecological Management*. 3:45-55.
- Yalin Wu, Hongxiang Sun, Feng Qin, Yuanjiang Pan & Cuirong Sun. 2006. Effect of various extracts and a polysaccharide from the edible mycelia of *Cordyceps sinensis* on cellular and humoral immune response against ovalbumin in mice. *Phytotherapy Research*. 20:8, 646-652.

**Table 1.** Proximate composition of shea butter.

| Parameter        | Value (%) |
|------------------|-----------|
| Moisture content | 6,20      |
| Protein content  | 0,60      |
| Fat content      | 88,40     |
| Ash content      | 1,30      |
| Crude fibre      | 1,20      |

**Table 2.** Physico-chemical composition of shea butter.

| Parameter                      | Composition |
|--------------------------------|-------------|
| Saponification value (MgKOH/g) | 233         |
| Iodine value (Mg/g)            | 41,05       |
| pH                             | 5,62        |
| Free fatty acid (%)            | 0,17        |
| Peroxide                       | 4,83        |

**Table 3.** Elemental Composition of shea butter.

| Inorganic Elements | Composition (Mg/g) |
|--------------------|--------------------|
| Sodium             | 12,5               |
| Potassium          | 21,0               |
| Phosphorus         | 26,2               |
| Magnesium          | 1,88               |
| Calcium            | 15,05              |
| Iron               | 0,045              |
| Manganese          | 0,01               |
| Zinc               | 0,12               |
| Cu                 | ND                 |

\*ND - Not detected

**Table 4.** Improving on shea butter odour using various parameters.

| Parameters on 10g shea butter | Degree of rancidity |
|-------------------------------|---------------------|
| Ethanol (4 drops)             | + + + +             |
| Onion (4 slices)              | + + +               |
| Petroleum ether (4 drops)     | +                   |
| Activated carbon (4g)         | + +                 |

**Key**

+ very low rancidity

+ + low rancidity

+ + + high rancidity

+ + + + very high rancidity

# Efecto de la escarificación y de la edad de semillas en la germinación de *Mammillaria mystax*

MARÍA DEL CARMEN NAVARRO CARBAJAL\*, SANDRA SALDIVAR SÁNCHEZ, HÉCTOR R. ELIOSA LEÓN

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Colonia San Manuel, México.

\*Email: mcnavarr@siu.buap.mx

## RESUMEN

En las poblaciones de cactáceas, la germinación y el crecimiento de las plántulas representan períodos de máxima vulnerabilidad a cambios físicos en el ambiente. Es por ello que las características genéticas de las especies y los factores ambientales juegan un papel muy importante en la germinación, dado que determinan el desarrollo, la morfología y la fisiología de las plantas. En este trabajo se comparó la capacidad germinativa en semillas de uno y tres años de *Mammillaria mystax* al ser sometidas a distintos tratamientos de escarificación. Los tratamientos de escarificación ni la edad de las semillas determinan el número de plántulas dado que el porcentaje de germinación en el testigo fue similar al registrado para ácido sulfúrico, agua a 50°C y frío (4-6°C/14días). El índice de germinación fue mayor en las semillas de tres años y el tratamiento que incrementa la velocidad de germinación fue el de inmersión en agua a 50°C/3min.

Palabras clave: cactáceas, escarificación, índice de germinación, *Mammillaria mystax*, semillas.

## ABSTRACT

*In cacti populations, germination and seedlings growth represent maximum vulnerability periods to physical changes in environment. That's why genetic characteristics of species and environmental factors play an important role in germination, because they determine the development processes, morphology and plants physiology. In this work the germination capacity was compared in one and three years seeds of *Mammillaria mystax* by being subjected to different scarification treatments. The scarification treatments nor the seeds age determine the seedlings number, since the germination percentage in the witness was similar to the one registered to sulfuric acid, water at 50°C and cold (4-6°C/14d). The germination index was higher in three years seeds and the treatment that increases the germination speed was the one of water immersion to 50°C/3min.*

*Key words: cacti, scarification, germination index, *Mammillaria mystax*, seeds.*

La germinación puede considerarse como una estrategia para la conservación de especies vegetales (López *et al.*, 2001), que unida con el crecimiento de las plántulas representan los

periodos de máxima vulnerabilidad debido a los cambios físicos en el ambiente (Solbrig *et al.*, 1979).

Para algunas especies se recomienda poner a germinar las semillas pocos días después de la colecta, debido a que éstas pueden sufrir cambios en su capacidad germinativa causados por el almacenamiento en seco (Baskin & Baskin, 1998). En cactáceas se han descrito tres patrones de germinación con respecto a el tiempo de almacenaje: *i*) las semillas pierden viabilidad al año; *ii*) las semillas permanecen viables y germinan de manera similar hasta por 2 años y, *iii*) la germinación aumenta en semillas de uno y/o dos años de edad al romperse su latencia (Flores *et al.*, 2005).

La germinación de las cactáceas no es la misma para todas las especies, algunas semillas solo requieren de humedad y luz, mientras que otras necesitan de escarificación, para que ocurra mayor reclutamiento de individuos en la población (Flores & Manzanero, 2003; Ruedas *et al.*, 2000).

Se han realizado estudios para *Mammillaria crucígera*, *M. magnimamma*, *M. zephyrantoides*, *M. gaumeri*, *M. dioxanthocentron* y *M. hamata* en los que se pretende conocer el estado de la población por medio del crecimiento, supervivencia y fecundidad (Valverde, 2001; López-Villavicencio, 1999; Cortes, 2003; Ferrer *et al.*, 2005; Ramos, 2007; Navarro & Castillo, 2007). Por otra parte, en *M. pectinifera* y *M. carnea* se ha evaluado la distribución geográfica de las poblaciones (Peters *et al.*, 1997; Rodríguez & Ezcurra, 2000).

Se ha mostrado que la aplicación de tratamientos pregerminativos que escarifiquen las semillas no favorecen la germinación de *M. huitzilopochtli*, *M. hernandezii*, *M. magnimamma* y *M. pectinifera*. (Flores-Martínez & Manzanero, 2003; Ruedas *et al.*, 2000; Navarro & Deméneghi, 2007). No obstante en semillas de *M. kraehenbuehli* y *M. zephyranthoides* la aplicación de ácido sulfúrico favorece la germinación (Flores-Martínez & Manzanero, 2003; Navarro & Juárez, 2006).

Para *M. heyderi*, *M. monticola* y *M. pectinifera* sus semillas pierden viabilidad con el tiempo de almacenamiento (Trejo & Garza, 1993; Burguete-Ruíz & Navarro, 2004; Navarro & Deméneghi, 2007). Asimismo en semillas de *M. huitzilopochtli* y *M. oteroi*, Flores-Martínez & Manzanero (2003), registraron alta viabilidad en semillas con menor tiempo de almacenamiento y después de 12 meses esta se reduce. Por otra parte, Ruedas *et al.* (2000), evaluaron en *M. magnimamma* la velocidad de germinación en semillas de un mes y un año sometidas a tratamientos con ácido, encontraron que la edad y el ácido no afectan la velocidad de germinación.

La germinación y el establecimiento se consideran como las fases más críticas en el ciclo de vida de las plantas. En algunas especies de cactáceas se ha mostrado la importancia de la escarificación para estimular la germinación; así como la influencia del tiempo de almacenaje de las semillas debido a que se relaciona con la posibilidad de crear bancos de semillas. A pesar de que *Mammillaria mystax* es una especie endémica de México sólo se tiene información relacionada con su taxonomía. Por esta razón en el presente trabajo se evaluó la capacidad germinativa en semillas de dos edades al ser sometidas a distintos tratamientos de escarificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas que se utilizaron se obtuvieron de los frutos que produjeron las plantas de *M. mystax* (Figura 1) en la colección de Cactáceas y Suculentas de Puebla “Helia Bravo - Hollis” de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en el año 2006 y 2008.

El experimento se realizó en junio del 2009. Se utilizaron 21 unidades experimentales que contenían 25 semillas. Los tratamientos fueron: I.- Tween/1min, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1,5min, IV.- Inmersión en agua a 50°C/3min, V.- Inmersión en agua a 50°C/5min, VI.- Frío a 4-6°C/14d y VII.- Testigo. Cada uno con tres repeticiones.

Las semillas se sumergieron en hipoclorito de sodio (Cloralex) al 70% durante 3min, después se enjuagaron en agua destilada durante 2min, posteriormente se les aplicó el tratamiento correspondiente; se enjuagaron nuevamente en agua destilada y para evitar la proliferación de hongos se introdujeron en una solución de fungicida (1g de Captan en 20ml de agua destilada) durante 2min.

El sustrato (mezcla de tierra de hoja, cacahuatillo y arena en proporción 1:1:1), se tamizó a un haz de luz de 5mm con la finalidad de homogenizar el sustrato, se esterilizó durante 10min en horno de microondas y se colocaron 250g en charolas de plástico de 15x15cm y se regó a capacidad de campo. La siembra se realizó con pinzas para evitar la contaminación de las semillas. Las charolas quedaron cerradas herméticamente para evitar la evaporación y se llevaron al invernadero de la Colección de Cactáceas y Suculentas de Puebla “Helia Bravo- Hollis” de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Durante cuatro semanas se registró diariamente el número de semillas que germinaron (cuando apareció la radícula).

A los porcentajes de germinación obtenidos se les efectuó una transformación angular ( $\arcsen \sqrt{\%/100}$ ) para cubrir los supuestos de normalidad. Se estimó el índice de germinación de Scott:  $IG = (n_i * t_i) / N$  donde  $n_i$ : número de semillas germinadas el  $i$ -ésimo día, y  $t_i$ : días transcurridos desde el inicio del experimento y  $N$ : número total de semillas germinadas. De acuerdo con este índice, entre mayor es el valor calculado, mayor es la velocidad a la que ocurre la germinación de semillas (González-Zertuche & Orozco-Segovia, 1996).

Se utilizó un diseño factorial de bloques para determinar si existía variación en el porcentaje de germinación así como en el índice de germinación con respecto al tratamiento de escarificación y a la edad de las semillas. El análisis de datos se llevó a cabo con el programa Statistica, versión 7.

## RESULTADOS

Para las semillas de tres años los porcentajes promedio de germinación máximos, oscilaron de 55 a 67% en todos los tratamientos de escarificación, a excepción del Tween/1min en el cual se registro el valor más bajo (40,61%) (Figura 2).

Para las semillas almacenadas durante un año, el tratamiento de Ácido sulfúrico/1,5min, Agua a 50°C/3min, Frío 4-6°C/14d y el Testigo presentaron los porcentajes promedio de germinación más altos (67-71%), seguidos del Agua a 50°C/5min y el Ácido sulfúrico/1min (55,5 y 50,9% respectivamente). El porcentaje promedio más bajo se presentó en las semillas

tratadas con Tween/1min (44,5%) (Figura 3). En las semillas de ambas edades los mayores valores promedio de germinación se observaron a la cuarta semana de iniciado el experimento.

El porcentaje promedio de germinación resultó diferente entre los tratamientos de escarificación ( $F=4,77$ ;  $p=0,01$ ). La prueba de Duncan mostró que, el Ácido sulfúrico/1,5min, la inmersión en Agua a 50°C/3min y el Frío 4-6°C/14d son los que mejor inducen la germinación pero sin exceder al Testigo (Cuadro 1).

Sin considerar los tratamientos de escarificación, el porcentaje promedio de germinación en semillas de tres años fue ligeramente superior (61,1%) al observado en las semillas de un año (58,9%).

La velocidad de germinación fue diferente para los tratamientos ( $F=14,37$ ;  $p=0,00$ ) y para la edad de las semillas ( $F=18,76$ ;  $p=0,00$ ). El tratamiento que acelera la velocidad de germinación fue el de Agua a 50°C/3min ( $IG=9,81$ ) seguido del Frío 4-6°C/14d y el Ácido sulfúrico/1,5min (Figura 4).

En semillas de tres años la velocidad de germinación fue superior a la registrada para las semillas de un año ( $IG=7,9$  y  $6,4$  respectivamente) (Figura 5).

## DISCUSIÓN

Los resultados de la germinación en invernadero mostraron que las semillas de *M. mystax* no requieren de escarificación para germinar, debido a que el porcentaje en los tratamientos de ácido, agua caliente y frío presentan porcentajes de germinación similares al obtenido en el tratamiento testigo (63-69%). Lo cual sugiere que en condiciones naturales las características de las semillas no son un impedimento para la germinación, sino esto puede ser causado por los diferentes factores ambientales como luz, temperatura y humedad.

Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos para *M. magnimamma*, *M. huitzilopochtli* y *M. pectinifera* donde se observó que la germinación no va a depender de los tratamientos de escarificación a los cuales sean sometidas, ya que en el testigo se registraron porcentajes de germinación mayores a 90% (Ruedas *et al.*, 2000; Navarro & Deméneghi, 2007).

En *M. pectinifera* el valor más bajo (50%) se obtuvo para las semillas sumergidas en Tween/1min (Navarro & Deménegui, 2007). Semejante a lo que ocurre con las semillas de *M. mystax* (42,6%), en consecuencia el Tween/1min no estimula la germinación en estas especies.

En semillas de *M. mystax* sometidas a frío 4-6°C/14d se registró un alto porcentaje de germinación (63,9%), este supera el 1,62% obtenido en semillas de *M. zephyranthoides* tratadas con frío 4°C/7d (Navarro & Juárez, 2006). Lo anterior se debe posiblemente a que las semillas de *M. mystax* son capaces de tolerar temperaturas extremas sin perder su capacidad de germinar.

Para algunas especies de cactáceas la viabilidad es limitada en semillas frescas o recién colectadas y esta aumenta con el tiempo (Trejo & Garza, 1993). Para *M. oteroi* se observó que las

semillas de más de cuatro meses no tienen problemas para germinar si se almacenan por un tiempo mayor a cinco meses pero menor a un año dado que se obtuvo un 97% (Martínez *et al.*, 2004). En *M. huitzilopochtli*, *M. oteroi*, *M. monticola* y *M. pectinifera* se presenta una fuerte pérdida de su viabilidad con el paso del tiempo, por lo que estas especies deben de utilizarse el mismo año en que son colectadas debido a que no presentan mecanismos de latencia (Flores & Manzanero, 2003; Burguete-Ruiz & Navarro, 2004; Navarro & Deménegui, 2007).

Al parecer las semillas de *M. haageana* alcanzan mayor viabilidad con el tiempo dado que se mostró que las semillas de 17 meses tuvieron mayores porcentajes de germinación (Genis, 2002). Pero en *M. mystax* se presenta un patrón diferente, debido a que el porcentaje de germinación es similar en semillas de tres y un año (58,9 y 61,1% respectivamente), se puede intuir que las semillas de esta especie no pierden viabilidad con el tiempo.

Por otra parte, en *M. mystax* el tratamiento de agua a 50°C/3min, ácido sulfúrico/1,5min y el frío 4-6°C/14d estimulan el incremento en la velocidad de germinación, esto se atribuye a que el tegumento de las semillas puede estar suberizado o impregnado de sustancias diversas que los hacen impermeables a el agua y el oxígeno. Aplicar un tratamiento mecánico (escarificado, inmersión en agua fría o caliente) o químico (inmersión en soluciones diluidas de ácido sulfúrico) permite que las membranas se ablanden y ocasiona una rápida germinación (Urbano, 1988).

El *IG* calculado para *M. prolifera* después de 3 meses de almacenamiento es similar al obtenido para las semillas de *M. mystax* de un año (6,06 y 6,44). Parraguirre *et al.* (1993), mencionan que la velocidad de germinación es un carácter heredable propio de una especie o incluso de una variedad, además de que esta resulta afectada por la edad de las semillas y el ambiente. Esto difiere a lo encontrado en las semillas de *M. mystax*; debido a que en estas se observó que un mayor tiempo de almacenamiento (tres años) promueve la velocidad de germinación ( $IG=7,97$ ).

*M. mystax* es una especie con una respuesta germinativa amplia, es factible de propagarse sin necesidad de un tratamiento de escarificación, además sus semillas permanecen viables después de tres años de almacenaje.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Sandra Luz Cabrera Hilerio por el apoyo brindado por sus sugerencias para mejorar el manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baskin, C. C. & J. M. Baskin. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press. San Diego, CA, EEUU.
- Burguete-Ruíz, D. A. & M. C. Navarro. 2004. Estudios preliminares de germinación en *Mammillaria monticola*. IV Congreso Mexicano y III Latinoamericano y del Caribe de Cactáceas y otras suculentas. Guadalajara, Jalisco, México.
- Cortes, R. P. 2003. Contribución al conocimiento de la dinámica poblacional de *Mammillaria zephyrantoides* en Cuautinchán. Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. BUAP. México.
- Ferrer, C. M., M. Méndez, A. Dorantes-Euan, G. Dzib & R. Durán. 2005. Estructura y dinámica poblacional de *Mammillaria gaumeri*, cactácea rara y endémica de la Península de Yucatán. Congreso Mexicano de Ecología 2006. Morelia. Michoacán. México.
- Flores, A. & G. Manzanero. 2003. Germinación comparativa de especies del género *Mammillaria* endémicas de Oaxaca, México. *Cact. Suc. Mex.* 48(2): 36-51.
- Flores, J., A. Arredondo & E. Jurado. 2005. Comparative seed germination in species of *Turbincarpus*: An endangered cacti genus. *Nat. Areas J.* 25:183-187.
- Genis, M. F. 2002. Estudio sobre germinación y crecimiento de plántulas en *Mammillaria haageana* y *Melocactus ruestii*. Tesis profesional. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- González-Zertuche, L. & A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 58:15-30.
- López, G., L. Rocha, I. Cantú & A. Martínez. 2001. Evaluación de tratamientos pre-germinativos para la biznaga verde *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto. Tercer Taller Regional de Cactáceas del Noreste de México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- López-Villavicencio, M. 1999. Dinámica poblacional de *Mammillaria magnimamma* en la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- Martínez M. D., R. F. M. López, M. A. Flores & M. G. I. Manzanero. 2004. Evaluación de Técnicas de Propagación de *Mammillaria oteroi* Glass & R. Foster. *Naturaleza y Desarrollo* 2(2):5-9.
- Navarro, M. C. & A. D. Castillo C. 2007. Estado actual de una población de *Mammillaria hamata* en los Ángeles Tetela, Puebla, México. *Cact. Suc. Mex.* 52 (3):68-77.
- Navarro M. C. & M. S. Juárez. 2006. Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán Puebla, México. *Zon. Ári.* 10:74-83.
- Navarro, M. C. & A.P. Deméneghi. 2007. Germinación de semillas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. *Zon. Ári.* 11(1): 233-23.

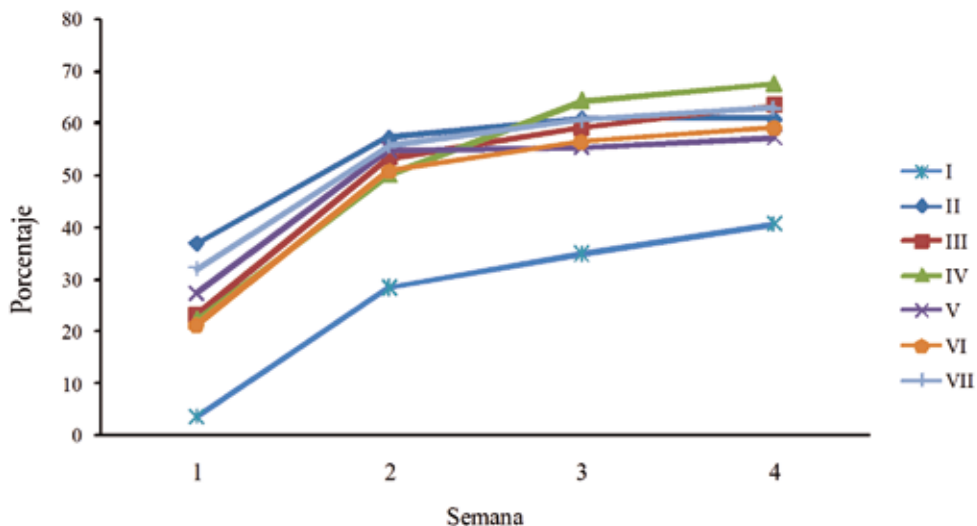
- Parraguirre, C., J. Chavelas & M. Camacho. 1993. Germinación de Semillas de especies de vegetación primaria y secundaria. *Ciencia Forestal*. 18(73):3-19.
- Peters, E. M., S. Arizaga & E. Ezcurra. 1997. Distribución geográfica y estado actual de las poblaciones de *Mammillaria pectinifera* (Sean) F.A.C. Weber. I Congreso Nacional sobre Cactáceas. México.
- Ramos, L. A. L. 2007. Estudio poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Becket. ex Mitrán en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca.
- Rodríguez, C. & E. Ezcurra. 2000. Distribución espacial en el hábitat de *Mammillaria pectinifera* y *Mammillaria carnea* en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México. *Cact. Suc. Mex.* 45 (1): 4-14.
- Ruedas, M., T. Valverde & S. Castillo. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactáceae) bajo diferentes condiciones ambientales. *Bol. Soc.Bot.* 66: 25-35.
- Solbrig, O. T., J. Suborn, G.B. Johnson & P. H. Raven. 1979. Topics in plant population biology. Columbia University Press. USA. 589 p.
- Trejo, L. & M. Garza. 1993. Efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de semillas de *Mammillaria heyderi* Muchl. en 4 sustratos. *BIOTAM* 5 (3): 19-24.
- Urbano, T. P. 1988. Tratado de fitotecnica general. Mundi-prensa. España.
- Valverde, V. M. T. 2001. Dinámica poblacional de *Mammillaria crucigera* y *Neobuxbamia macrocephala* en la región de Tehuacán- Cuicatlán. UNAM. Facultad de Ciencias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R129. México D. F.

**Cuadro 1.** Porcentaje promedio de germinación de *M. mystax* obtenidos al someter las semillas a distintos tratamientos de escarificación. Letras diferentes en las medias indican diferencias significativas entre los tratamientos  $p < 0,00$ .

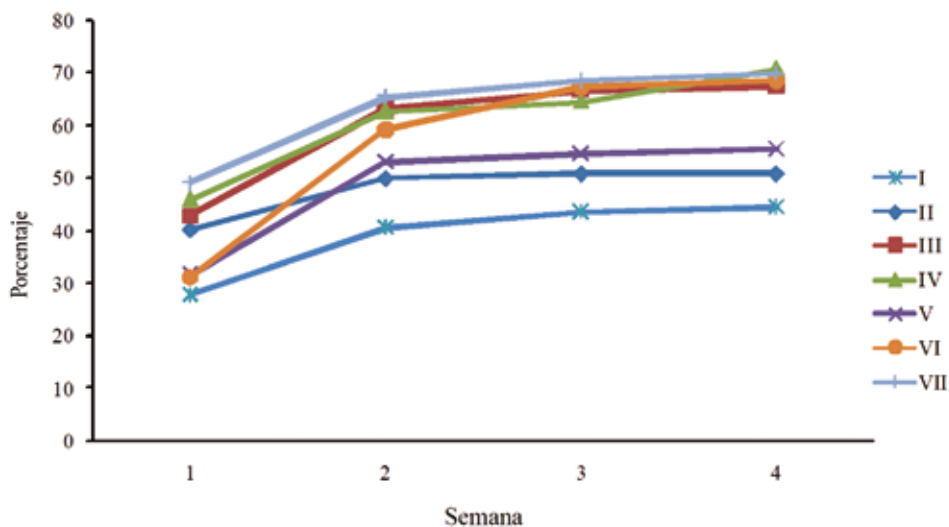
| Tratamiento                   | Porcentaje Promedio | Grupo Duncan |
|-------------------------------|---------------------|--------------|
| Tween/1min                    | 42,6                | a            |
| Ácido sulfúrico/1min          | 55,9                | a            |
| Ácido sulfúrico/1,5min        | 65,5                | b            |
| Inmersión en agua a 50°C/3min | 69,2                | b            |
| Inmersión en agua a 50°C/5min | 56,4                | a            |
| Frio a 4-6°C/14d              | 63,9                | b            |
| Testigo                       | 66,5                | b            |



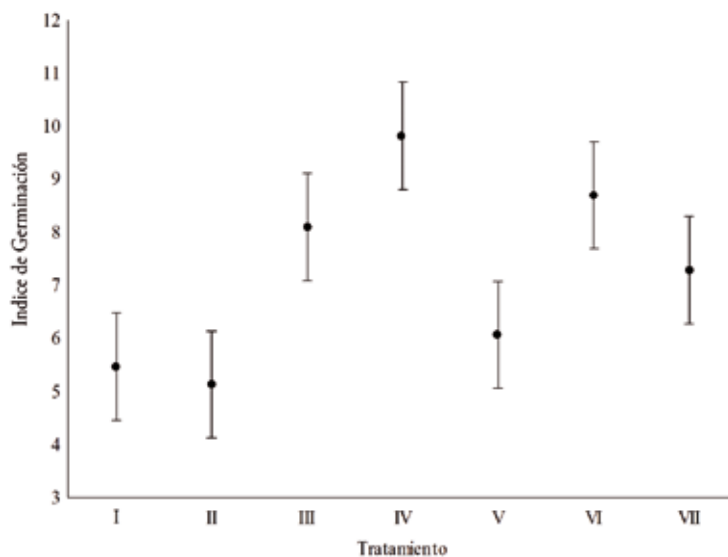
**Figura 1.** Ejemplar de *Mammillaria mystax* en su hábitat natural.



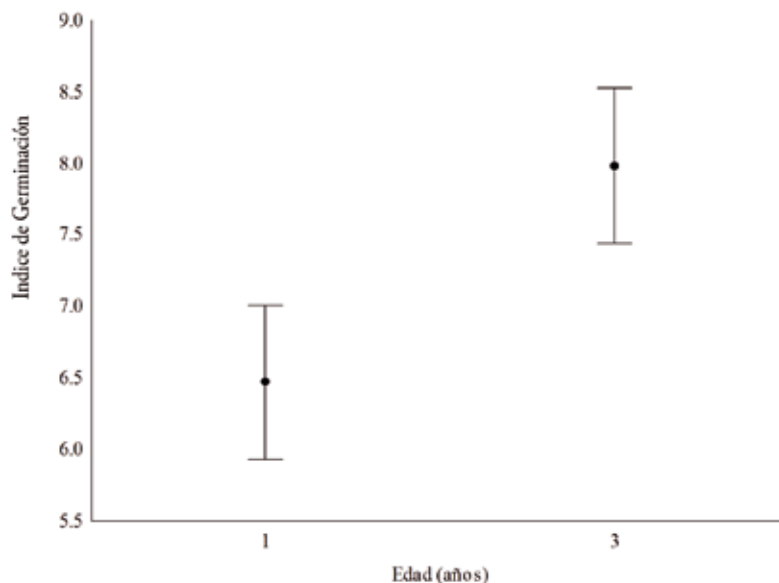
**Figura 2.** Porcentajes promedio de germinación obtenidos por semana para semillas de *M. mystax* de tres años sometidas a diferentes tratamientos de escarificación. I.- Tween/1min, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1.5min, IV.- Inmersión en agua a 50°C/3min, V.- Inmersión en agua a 50°C/5min, VI.- 4-6°C/14d y VII.- Testigo.



**Figura 3.** Porcentajes promedio de germinación obtenidos por semana para semillas de *M. mystax* de un año de sometidas a diferentes tratamientos de escarificación. I.- Tween/1min, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1.5min, IV.- Inmersión en agua a 50°C/3min, V.- Inmersión en agua a 50°C/5min, VI.- Frío 4-6°C/14d y VII.- Testigo.



**Figura 4.** Índice promedio de germinación de semillas de *M. mystax* en los diferentes tratamientos de escarificación. I.- Tween/1min, II.- Ácido sulfúrico/1min, III.- Ácido sulfúrico/1.5min, IV.- Inmersión en agua a 50°C/3min, V.- Inmersión en agua a 50°C/5min, VI.- Frío 4-6°C/14d y VII.- Testigo.



**Figura 5.** Índice promedio de germinación en semillas de *M. mystax* de tres y un año de almacenaje.

# Cultivo *in vitro* de especies de zonas áridas con potencial de aprovechamiento

RUTH A. GARZA PADRÓN, MARÍA JULIA VERDE STAR, AZUCENA ORANDAY CÁRDENAS, CATALINA RIVAS MORALES,

JAIME TREVIÑO NEÁVEZ, RAMÓN G. RODRÍGUEZ GARZA, EUFEMIA MORALES RUBIO\*

Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

\*Email: mmorales1132000@yahoo.com

## RESUMEN

Los explantes (tallos y/o semillas) fueron desinfectados con alcohol etílico y solución de cloralex diluida; se sembraron en medio Murashige y Skoog, 1962 adicionado con los siguientes reguladores de crecimiento: Cinetina, Bencilaminopurina, 2,4-Diclorofenoxiacético y Ácido Indolbutírico, en un rango de concentraciones de 0,0 mg/L a 5 mg/L. La respuesta morfogénica observada varía de acuerdo a la especie, para *Lophocereus schottii* en medio adicionado con Bencilaminopurina 2 mg/L - Cinetina 1 mg/L formó callo a partir de areolas, mientras que sus semillas en medio sin reguladores tuvieron un alto porcentaje de germinación. *Astrophytum myriostigma* en medio con Bencilaminopurina 2 mg/L forma callo. *Ferocactus herrerae* en medio con Bencilaminopurina 2 mg/L y Ácido Indolbutírico 1 mg/L desarrolla brotación y posterior desarrollo de callo. *Stenocereus pruinosus* en medio sin reguladores, formó plántulas vigorosas. *Ariocarpus retusus* en medio adicionado con 5 mg/L de 2,4-Diclorofenoxiacético formó abundante callo. *Equinocereus stramineus* en medio sin reguladores logró una abundante germinación con desarrollo de plántulas y *Astrophytum capricorne* en medio sin reguladores indujo la germinación de semillas y la posterior desdiferenciación a callo.

Palabras clave: cactáceas, cultivo *in vitro*, reguladores de crecimiento y sustentabilidad.

## ABSTRACT

Explants were disinfected with ethanol and solution of cloralex diluted; media Murashige and Skoog 1962 were use, added with the following regulators of growth: Kinetin, Bencilaminopurine, 2,4-Diclorophenoxiacetic acid and Indolbuthyric Acid, in a rank of 0.0 mg/L to 5 mg/L. Areolas of *Lophocereus schottii* in media with Bencilaminopurine 2 mg/L - Kinetin 1 mg/L formed callus, while their seeds in media without regulators had a high percentage of germination. *Astrophytum myriostigma* with Bencilaminopurine 2 mg/L forms callus. *Ferocactus herrerae* with Bencilaminopurine 2 mg/L and Indolbuthyric Acid 1 mg/L develops brute and later development callus. *Stenocereus pruinosus* in media without regulators, formed vigorous

*plants. Ariocarpus retusus with 5 mg/L of 2,4- Diclorophenoxyiacetic acid formed abundant callus. Equinocereus stramineus without regulators obtained an abundant germination with development of plants and Astrophytum capricorne without regulators induced germination of seeds and later callus.*

*Key words: cacti, growth regulators, in vitro culture and sustainability.*

La cactáceas son endémicas de América y se caracterizan por su capacidad de adaptación a la escasez de agua (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000).

Anderson (2001) estima que a nivel mundial, existen alrededor de 1500 especies representadas en 120 géneros aproximadamente, de los cuales, en México existen 48 con más de 500 especies. Muchos de sus frutos y tallos son alimentos importantes en la dieta de los mexicanos, aunque también se usan como forraje, ornamento y fuente de obtención de sustancias químicas de interés médico y farmacológico. (Benítez & Dávila, 2002).

México es un país rico en biodiversidad vegetal, sin embargo no tenemos un control adecuado sobre el manejo y uso de estos recursos, ya que son utilizadas por una amplia gama de industrias, y en muchos de los casos la colecta o depredación indiscriminada de ejemplares termina por poner en riesgo de extinción a la especie o bien extinguirla (Bravo Hollis & Sánchez Mejorada, 1991).

Por lo que es importante establecer mecanismos que auguren la supervivencia de aquellas especies que representen un valor económico para el hombre. Uno de estos mecanismos implica la propagación de las especies en un ambiente controlado, a partir de un mínimo de material madre (explante de tejido o el uso de semilla) y su posterior propagación masiva para obtener nuevos ejemplares o tejidos indiferenciados (callos). Esta técnica conocida como cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, requiere que las condiciones naturales para la germinación y desarrollo de las plantas sean sustituidas por artificiales; esto implica cambiar la tierra por un sustrato nutritivo conocido como medio de cultivo, mantener en forma constante las condiciones asépticas, además de un entorno de temperatura y luz controlado, así como albergarlos en receptáculos de tamaño pequeño, lo que permite miniaturizar la producción. De esta forma es posible obtener miles de individuos de la misma planta, libres de patógenos y sin la necesidad de contar con grandes extensiones de tierra y toda la derrama económica que esto implica.

El cultivo *in vitro* es una herramienta biotecnológica actual que representa una alternativa sustentable para propagar especies amenazadas, en peligro de extinción o con potencial económico (productoras de metabolitos secundarios), ya que permite incrementar el volumen de plantas para especies con demanda comercial y así satisfacer tanto el mercado nacional como el internacional, sin alterar los recursos a nivel natural. (Morales Rubio *et al.*, 2000; INIFAP, 2003)

Hurtado & Merino (1991), mencionan que la capacidad de crecimiento y la morfogénesis de los tejidos depende y se ve favorecida por varios factores: tipo y concentración de reguladores del crecimiento (auxina, citocinina), sustitución de sacarosa por glucosa, adición de vitaminas del complejo B, componentes endógenos del explante.

Cárdenas *et al.*, (1991) micropropagaron *in vitro* a *Astrophytum capricorne*, emplearon explantes de plantas germinadas asépticamente, el medio de cultivo usado fue el Murashige y Skoog adicionado con 100 mg/L de myo-inositol, 0,5% de agar-gel y 3% de sacarosa variando la concentración de reguladores del crecimiento. La más alta proliferación de brotes de las areolas fue la combinación de cinetina al 0,1mg/L y BA 0,2mg/L.

En 1983, Mantell & Smith reconocieron la utilidad del sistema de cultivo de tejidos vegetales al servir como fuente de metabolitos de importancia económica para el hombre, micropropagación, fitomejoramiento (Murashige, 1978) y ayudar a la preservación *in vitro* de germoplasma (Withers, 1978; Beversdorf, 1990; Grout, 1990).

La importancia de las especies seleccionadas radica en diversos aspectos.

Morales Rubio *et al.* (2007), reportan una relevante actividad citotóxica de *L. schottii*, contra células HeLa de cáncer cérvico uterino, obteniendo una IC<sub>50</sub> de 9.2 µg/ml con el extracto metanólico de esta especie.

Maldonado Vallejo *et al.* (2009), reportan que los extractos metanólicos de *Stenocereus pruinosus* resultan efectivos contra ciertas dermatomicosis.

Barrón González *et al.* (2009), estudiaron la capacidad amebicida de extractos metanólicos de *Lophocereus schottii*, *Astrophytum myriostigma*, *Ariocarpus retusus*, *Stenocereus pruinosus*, *Echinocereus stramineus* y *Astrophytum capricorne*, obteniendo resultados promisorios para estas especies.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los explantes utilizados fueron semillas y tallos de especies silvestres previamente seleccionadas por su importancia, ya sea como plantas ornamentales o bien por los metabolitos secundarios que producen. Las especies reportadas en el presente trabajo son: *Lophocereus schottii*, *Astrophytum myriostigma*, *Ferocactus herrerae*, *S. pruinosus*, *Ariocarpus retusus*, *Echinocereus stramineus* y *Astrophytum capricorne*. Todas las semillas fueron sometidas a un proceso de escarificación por 5 min con ácido sulfúrico concentrado, ya que existen reportes donde se recomienda procesos de escarificación para varias especies de cactáceas (Avilés Arnaut *et al.*, 2004). El proceso de desinfección consistió en: lavado en agua y corriente, inmersión rápida en alcohol etílico 100% por 20 seg, para proseguir con solución de cloralex comercial al 10% por 15 min, para luego sembrarse en medio MS (Murashige & Skoog, 1962) a base de sales de macro y micronutrientes, vitaminas, sacarosa 30% y 7% de agar, adicionado con reguladores de crecimiento en diferentes concentraciones (0,0 a 5 mg/L) y combinaciones de: K (cinetina), BAP (Bencilaminopurina), 2,4-D (2,4 Diclorofenoxiacético) e AIB (Ácido Indolbutírico), se mantuvieron en condiciones controladas de luz (12 h) y temperatura (22+/-2 °C).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La respuesta morfogénica observada (Cuadro 1) varía de acuerdo a la especie, tipo de explante y la combinación de reguladores empleada.

Para *L. schottii* (Figura 1a), a partir de explantes de areolas en medio adicionado con BAP 2 mg/L - K 1 mg/L se logró la inducción de callo (Figura 1b), mientras que las semillas de esta especie, sembradas en medio MS (1962) sin reguladores tuvieron un 100% de germinación (Figura 1c).

Utilizando secciones de tallo (parénquima) de *A. myriostigma* (Figura 2a) se logró la formación de abundante callo, en medio adicionado con BAP 2 mg/L (Figura 2 b).

Por otro lado semillas de *F. herrerae* (Figura 3a), en medio adicionado con BAP 2 mg/L e AIB 1 mg/L tuvo un porcentaje de germinación de 80%, las plántulas desarrolladas (Figura 3b), posteriormente se desdiferenciaron a callo (Figura 3c).

Semillas de *S. pruinosus* (Figura 4a), en medio sin reguladores, desarrollaron plántulas vigorosas, con un 100% de germinación (Figura 4b).

Secciones de tallo (parénquima) de *A. retusus* (Figura 5a), en medio adicionado con 5 mg/L de 2,4-D desarrollaron callo (Figura 5b).

Utilizando semillas de *E. stramineus* (Figura 6a), sembradas en medio sin reguladores, se logró un 80% de germinación con desarrollo de plántulas (Figura 6b).

*A. capricorne* (Figura 7a) en medio sin reguladores indujo un porcentaje bajo de germinación (Figura 7b), con desdiferenciación a callo (Figura 7c).

Los resultados obtenidos nos indican lo importante que es la condición hormonal endógena de los explantes, como lo menciona Hurtado & Merino (1991), ya que en medio con citoquininas presentes se tuvo una inducción a callo, debiendo inducir brotación.

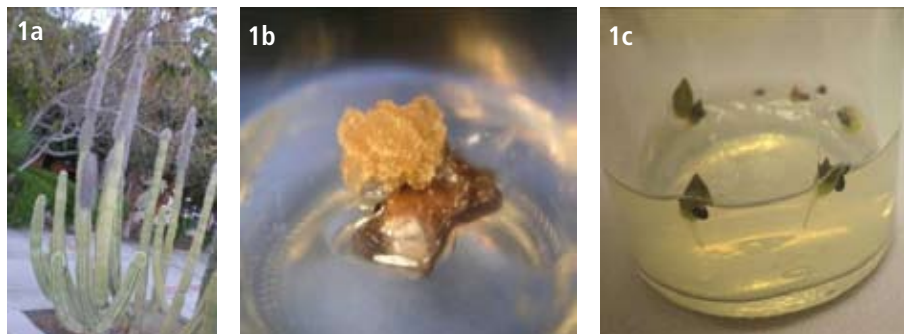
Por otro lado vemos que la ausencia de hormonas favorece en gran medida los procesos de germinación, ya que la semilla cuenta con las fitohormonas necesarias para iniciar el desarrollo.

El establecimiento de estos protocolos *in vitro*, permite tener una alternativa sustentable para el uso de estos recursos, que como se mencionó anteriormente son muy promisorios en el campo de la farmacología (Morales Rubio *et al.*, 2007; Maldonado Vallejo *et al.*, 2009; Barrón González *et al.*, 2009). De esta forma las poblaciones silvestres permanecen intactas.

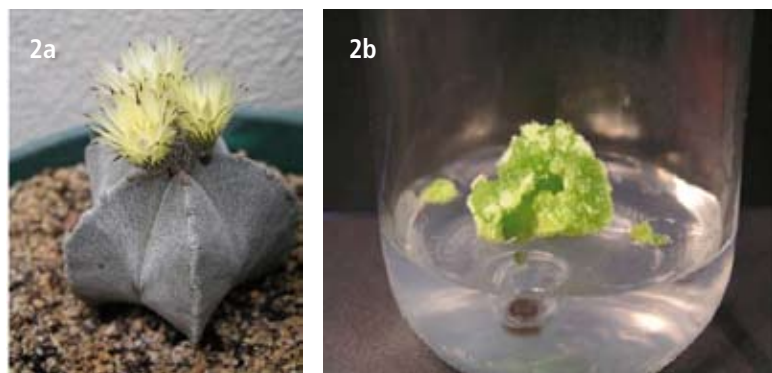
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, E. F. 2001. The Cactus Family. Timber Press. Hong Kong.
- Avilés A. H., R. ME. Morales, N. JF. Treviño & C. A. Oranday. 2004. Estudios germinativos de *Stenocereus gummosus* mediante escarificación y estudio fitoquímico del fruto. Gastón Esparza, Santiago Méndez, David Valdés. *El nopal, tópicos de actualidad*. Univ. Autónoma de Chapingo. 151-154. México.
- Barrón, M., M.E. Morales, R. Garza, R. Rodríguez, J. Treviño, M. Verde & M.R. Morales. 2009. Inhibición del crecimiento axénico *in vitro* de *Entamoeba histolytica* por acción del extracto metanólico de plantas silvestres y cultivadas *in vitro* del norte de México. *RESPYN*. (4) 13.
- Benítez, H. & P. Dávila. 2002. Las Cactáceas en el contexto de las CITES. *Biodiversitas*. Año 6. (40) 8-11.
- Beversdorf, W. D. 1990. Micropropagation in crop species. In: Nijkamp, H. J. J., L. H. W.

- Van Der Plas & J. Van Aartrijk (Ed.). *Progress in plant cellular and molecular biology*. 3-12. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bravo H. H. & M. H. Sánchez. 1991. Las cactáceas de México, Vol. III. UNAM. México.
- Cárdenas C. E. & C. T. Torres. 1991. *In vitro* Propagation of selected native cacti species. *In vitro Cell & Develop. Biol.* 27(3) 106.
- Grout, B.W. 1990. Genetic preservation *in vitro*. In: Nijkamp, H. J. J., L. H. W. Van Der Plas & J. Van Aartrijk (Ed.). *Progress in plant cellular and molecular biology*. 13-22. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Hurtado, M.D.V. & M.M.E. Merino. 1991. Cultivo de tejidos Vegetales. Editorial Trillas: México.
- INIFAP, 2003. Micropropagación de cactáceas ornamentales en peligro de extinción. *Rev. Teo. Amb.* 40.
- Maldonado V. MA, N. JF. Treviño, G. GM. González, C. A. Oranday, M. C. Rivas, R. ME. Morales. 2009. Actividad fungicida y análisis fitoquímico preliminar de tres especies de cactáceas: *Ariocarpus kotschoubeyanus*, *Echinocereus stramineus* y *Stenocereus pruinosus*. *RESPYN*. (4) 6.
- Mantell, S.H. & H. Smith. 1983. Plant Biotechnology. Cambridge University Press. London.
- Morales, R. ME., C.T. Torres, S.J. Verde, H.R. Mercado, C.E. Cárdenas & N.J. Treviño. 2000. Germinación, desarrollo y cultivo *in vitro* de *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose. Eulogio Pimienta-Barrientos Ed. *Simposio Internacional sobre el Cultivo y Aprovechamiento de la Pitaya (Stenocereus) y la Pitahaya (Hylocereus y Selenicereus)*. 1-59. UDG y Fundación Produce. Guadalajara, Jalisco.
- Morales, M.E., J. Verde Star, A. Oranday, C. Rivas, K. Arévalo Niño, J. F. Treviño, P. Carranza & D.E. Cruz. 2007. Actividad Biológica de *Lophocereus schottii* (Engelman) Britton and Rose *RESPYN*. (7).1-3.
- Murashige, T & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15:437-497.
- Murashige, T. 1978. The impact of plant tissue culture on agriculture. In: T.A. Thorpe, T.A. (ed.). *Frontiers of Plant Tissue Culture*. 15-26. IAPTC, Calgary.
- Rojas, A.M. & Y.C. Vázquez. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*. (44) 85-104.
- Withers, L. 1978. Freeze-preservation of cultured cells and tissues. In: Thorpe, T.A. (ed.). *Frontiers of Plant Tissue Culture* 297-306. IAPTC, Calgary.



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**

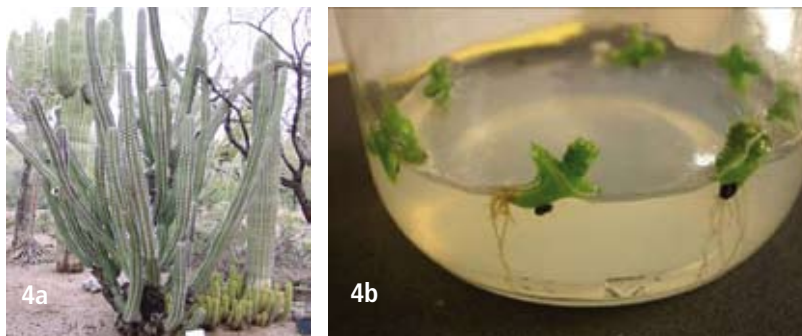


Figura 4

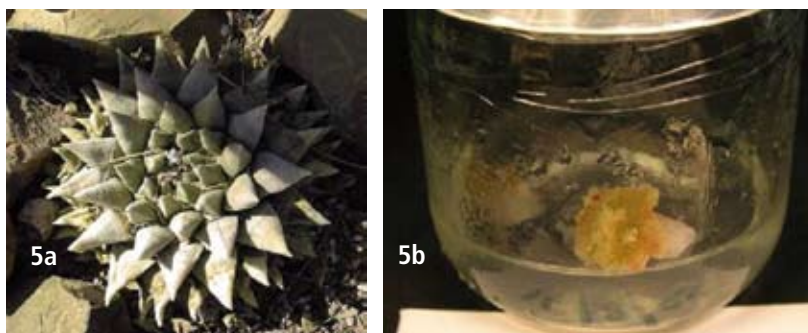


Figura 5



Figura 6



Figura 7

**Cuadro 1.** Respuesta morfogénica observada de acuerdo a la combinación y concentración (expresada en mg/L) de los reguladores de crecimiento empleados, tipo de explante y especie.

| Especie/<br>Explante                     | 2,4-D<br>(5) | BAP - K (2/1)                          | BAP (2)                      | MS/ sin reg                                           | BAP- AIB (2/1)                                   |
|------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <i>L. schottii</i><br>Semillas y areolas | -----        | Desdiferenciación<br>a callo (areolas) | -----                        | Desarrollo de brote<br>(semillas)                     | -----                                            |
| <i>A. myriostigma</i><br>Parénquima      | -----        | -----                                  | Desdiferenciación<br>a callo | -----                                                 | -----                                            |
| <i>F. herrerae</i><br>Semillas           | -----        | -----                                  | -----                        | -----                                                 | Desarrollo de brote y<br>desdiferenciación callo |
| <i>S. pruinosus</i><br>Semillas)         | -----        | -----                                  | -----                        | Desarrollo de brote                                   | -----                                            |
| <i>A. retusus</i><br>Parénquima          | Callo        | -----                                  | -----                        | -----                                                 | -----                                            |
| <i>E. stramineus</i><br>Semillas         | -----        | -----                                  | -----                        | Desarrollo de brote                                   | -----                                            |
| <i>A. capricorne</i><br>Semillas         | -----        | -----                                  | -----                        | Desarrollo de brote<br>y desdiferenciación<br>a callo | -----                                            |

# Indicadores de desertificación en Apurímac: relaciones espaciales entre degradación de suelos y presiones antrópicas

NICOLÁS IBÁÑEZ\*, GRÉGORIO DAMMAN

Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.

\*Email: nibanez99@gmail.com

## RESUMEN

El paisaje rural del Perú vive una serie de procesos de cambio en las últimas décadas, que se han visto aceleradas por una serie de reformas a nivel de políticas económicas y agrarias desde los años 90. Estos procesos, aunados a los procesos socioeconómicos en curso (crecimiento poblacional sostenido, especialización e intensificación de las zonas de valle, pérdida del conocimiento tradicional), están agudizando los problemas ambientales y los conflictos. Así, en la actualidad estamos asistiendo a una rarefacción de los recursos hídricos y un agravamiento del proceso de desertificación.

Las diferentes disciplinas sociales y agrarias han tratado de explicar cómo estos cambios afectan el entorno rural. No obstante, no se conocen métodos de análisis que permitan apreciar el impacto que produce el cambio de las variables sociales y económicas en los paisajes. Actualmente existen experiencias que permiten, a partir de modelos matemáticos multivariados, aproximarse a relaciones empíricas entre el paisaje y las variables socioeconómicas.

El presente estudio analiza los tipos de paisajes, a partir de la cobertura de vegetación y la ocupación de los suelos en la región Apurímac, frente a variables socioeconómicas que representan factores de presión antropica, ligados a procesos de desertificación. A partir de esta caracterización se establecen correlaciones entre las unidades de paisaje, frente a variables como la densidad poblacional, carga pecuaria, uso de leña como combustible, empleos, entre otras. Las mismas que muestran posibles tendencias de los procesos de desertificación en las zonas rurales de Apurímac.

Palabras clave: Apurímac, cobertura vegetal, degradación de suelos, desertificación, paisaje, Perú, presión antrópica.

## ABSTRACT

*The rural landscape of Peru is experiencing a series of processes of change in recent decades, which have been accelerated by a series of reforms at the level of economic and agricultural policies since the 90's. These processes, combined with ongoing socio-economic processes (sustained population growth, specialization and intensification of the valley areas, loss of traditional knowledge), are*

*intensifying environmental problems and conflicts. So, today we are witnessing a growing scarcity of water resources and worsening the desertification process.*

*The social and agricultural disciplines have tried to explain how these changes affect the rural environment. However, there are no known methods of analysis for assessing the impact that changing social and economic variables in the landscape. Currently there are experiences that allow, from multivariate mathematical model, approximate empirical relationships between landscape and socioeconomic variables.*

*This study examines the types of landscapes, from the vegetation cover and land use in the Apurímac region, compared with socioeconomic variables that represent factors of anthropic pressure, linked to desertification processes. From this characterization establishing correlations between the landscape units, compared to variables such as population density, livestock loading, use of firewood as fuel, jobs, among others. The same showing possible trends of desertification processes in the rural areas of Apurímac.*

*Key words: Apurímac, desertification, human pressure, land degradation, landscape, Peru, vegetation cover.*

Desde los años 60, la desertificación es considerada como uno de los mayores problemas ambientales a los que se enfrenta el planeta. En los años 90, a raíz de la cumbre de Río de Janeiro se planteó una *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación* CNUCLD. Aunque no existe un consenso acerca de las causas, consecuencias, ubicación geográfica y reversibilidad del fenómeno, la definición reconocida y aceptada es la siguiente:

*La desertificación es la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas resultante de varios factores que incluyen las variaciones climáticas y las actividades humanas (NU, 1994)*

Sin embargo, diversos estudios realizados para cuantificar el fenómeno muestran debilidades e inconsistencias al ser comparados, debido a la falta de indicadores y datos adecuados. No obstante, es obvio que la degradación y pérdida de tierras es un problema real, aunque ésta no sea un proceso universal ni tampoco específico de las tierras áridas, ni siquiera un proceso irreversible en muchas zonas (Castro, 2006).

En el caso peruano, desde la ratificación del Perú a la convención, se han realizado una serie de esfuerzos para estudiar y realizar propuestas para enfrentar los procesos de desertificación. Una de estas experiencias se ha llevado a cabo en Apurímac, departamento ubicado en la zona surandina del país. Como se detalla a continuación, el proceso de desertificación en la región Apurímac está ligado principalmente a causas humanas, tales como deforestación, agricultura en laderas y minería. Lo cual, aunado a la alta inestabilidad climática de las montañas, genera una progresiva degradación de los ecosistemas y pérdida de diversidad biológica. El Cuadro 1 explica los principales factores identificados en Apurímac.

Un estudio de teledetección realizado en el 2007 permitió ilustrar cambios importantes en el paisaje de la región, sobre todo en aquellos factores que explican los procesos de desertificación, expresados en cambios visibles respecto de la ocupación de los suelos de la región Apurímac entre 1990 y 2005 (Figura 1):

- Aumento de los suelos desnudos, indicador de procesos de desertificación y/o degradación de las tierras en la región Apurímac.
- Disminución de cuerpos de agua y de las zonas de nieve y hielo, indicador de procesos de disminución de las reservas hídricas, entendiendo que uno de los factores claves es la disminución de la reducción del volumen de agua necesaria para los procesos claves de los ecosistemas.

A su vez, se puede observar un crecimiento del área de suelos destinada a la actividad agrícola, lo cual puede ser explicado por el aumento de la población, la necesidad creciente de tierras para cultivo que satisfagan las demandas de alimentos de esta población en crecimiento. Esta situación puede generar problemas de erosión de las tierras, principalmente ampliación de las tierras fuera de su capacidad de uso, es decir, ampliar la frontera agrícola sobre terrenos situados en zonas de ladera, aumento de la frontera agrícola en detrimento de la vegetación natural, etc. En la Figura 2, presentamos el mapa de los procesos de desertificación y sequía identificados en la región Apurímac en el año 2007, fruto de una serie de procesos de diálogo y consulta con una serie de actores ligados al medio rural y urbano de la región.

Una de las reflexiones a partir de los datos analizados, es si es posible establecer modelos de relaciones entre el paisaje y las variables socioeconómicas que actúan en el mismo, y si es viable formalizar estos modelos a través de modelos matemáticos que expresen estas relaciones. Existen experiencias de estudios de relación entre el paisaje y las variables sociales y económicas de un territorio, que permiten conocer de forma experimental, cómo se comporta el paisaje frente a las condiciones sociales y económicas internas.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo principal la determinación de indicadores de desertificación a partir de la determinación de correlaciones espaciales entre variables de ocupación de suelos (suelos desnudos y vegetación dispersa) y presión antrópica sobre el medioambiente: densidad poblacional, carga animal, actividad agrícola, actividad minera y construcción, uso de leña para energía, entre otros.

### El paisaje

Según la definición de la Convención Europea del Paisaje, se entiende por paisaje:

“...cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (CEE, 2000).

El paisaje es un recurso fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado (Muñoz-Pedrerós, 2004). El estudio del paisaje permite conocer las interrelaciones entre la sociedad y el medio natural, lo cual se convierte en una herramienta de análisis de los procesos sociales y ecológicos más importantes.

En los últimos años los paisajes han sufrido grandes transformaciones, pasando de modelos de gestión agrícola tradicionales, a la producción agrícola intensiva o al abandono de muchos lugares. El mantenimiento de los modelos agrícolas tradicionales se ha basado en la transmisión de información de una generación a otra, generando modelos de uso sostenible (Liang *et al.*, 2001). Frente a ello, los procesos de despoblación rural, han dado lugar a una serie de problemas culturales, económicos y ecológicos, como la erosión, destrucción del hábitat, pérdida de la biodiversidad y el deterioro del paisaje cultural (Baldock *et al.*, 1993).

En los últimos años los métodos de análisis del paisaje han considerado nuevas herramientas como es el modelamiento numérico de las relaciones entre la actual estructura del paisaje y la economía local (De Aranzabal *et al.*, 2008 y Serra *et al.*, 2007). Tomando como base estas experiencias, el presente trabajo muestra la aplicación de herramientas de análisis numérico para la formalización de las relaciones entre variables sociales y ecológicas en la zona andina de Apurímac, Perú.

### El paisaje en el medio rural peruano

De acuerdo a Iguíniz (2007), en el medio rural peruano se han venido dando varios procesos, basados en concepciones de desarrollo y la aplicación de modelos conceptuales en las políticas del medio rural. Los cuales se expresan en: *Seguridad alimentaria*, enfoque cuyo objetivo es el abastecimiento de alimentos baratos; en general, accesibles para todos, a partir sobre todo de la producción en el propio país; la *Agroexportación*, con el objetivo de generar divisas; la *Revolución verde*, enfoque dirigido a aumentar la producción y la productividad de cultivos de consumo masivo; el *Social*, enfoque que tiene como fin impulsar la generación de empleo rural y la retención de población en el campo; y finalmente el *Agroecológico*, enfoque que tiene el fin de lograr la conservación ambiental.

De otro lado, se aprecia, en el global, una tendencia al crecimiento de los niveles de producción en la mayoría de los cultivos (Eguren, 2004). Estos mayores niveles de producción vienen generando una serie de procesos importantes. De una parte es evidente la erosión, que causa problemas severos, llegaría a cubrir 36,30% del territorio nacional, especialmente en la selva. De otro lado, el INRENA señala también que en la región andina, el sobreuso, es el principal responsable de la degradación de las tierras (INRENA, 1996).

### ÁREA DE ESTUDIO

La región Apurímac está conformada por 80 distritos y 7 provincias, las cuales se caracterizan en base al Índice de Desarrollo Humano (IDH), de acuerdo al informe del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo del año 2009 (PNUD, 2009) (Cuadro 2).

Para el presente estudio se ha tomado como unidad los distritos, considerando en la base 71 de los 80 distritos, se excluyeron del análisis los distritos de la provincia de Cotabambas, seis en total, así como dos de la provincia de Andahuaylas y uno de la provincia de Grau, porque no se tenía la información completa de todos los parámetros de análisis que se trabajaron para el modelo (Figura 3).

El primer conjunto de variables a analizar fue la ocupación de suelos en la región, la misma que generó el mapa de ocupación de suelos, a partir de imágenes satélite Aster. Este satélite emite imágenes de 15 metros de resolución, correspondiente a los años 2004 y 2005, así como de imágenes del sistema Landsat, con 30 metros de resolución correspondiente a los años 2000 y 2001. A partir del trabajo de estas imágenes se definieron 9 categorías de ocupación de suelos identificadas: Bosques / Vegetación Natural-BOSQ; Pastos altoandinos-PASALT; Vegetación dispersa-VEGDISP; Suelos desnudos-SUEDES; Bofedales-BOF; Nieve / hielo-NIEVHI; Agricultura-AGRIC; Centros poblados-CENPO; Cuerpos de agua-CUAGUA. Asimismo, cabe destacar la categoría Área no evaluada, que representa el 3,5% del territorio de la región que corresponde a las zonas no analizadas por no presentar información consistente debido a que se encontraban ocultas por nubes, sombra de nubes o sombra de montañas (ITDG, 2007) (Figura 4).

Respecto de las unidades de vegetación características de la región Apurímac, el estudio produjo un mapa con catorce formaciones de vegetación: Bofedales-BOF; Vegetación de Tundra-VEGTUN; Monte ribereño-MONTR; Pastos nivales-PASTN; Piso de cactáceas-CACT, Playas-PLAYA, Vegetación acuática-VEGAC, Pajonal-PAJ, Monte espinoso-MATES, Matorral húmedo-MATH, Matorral subhúmedo-MATSH, Vegetación de quebrada alta-VEGALT, Vegetación de quebrada media-VEGMED, Vegetación de quebrada baja -VEGBAJ.

El tercer conjunto de variables a analizar fue respecto de los datos socioeconómicos, se trabajó con la base de información del Censo de Población y Vivienda del 2007 (INEI, 2009) en los temas de educación, empleo y tipo de energía empleada para la preparación de alimentos, el registro único de víctimas de la región Apurímac, así como los índices de desarrollo humano del informe de desarrollo humano 2009 (PNUD, 2009). En cuanto al índice de densidad poblacional se tomó como base la población total por distritos y el área en kilómetros cuadrados. Respecto de la carga ganadera, se trabajó tomando como base los datos reportados de ganado por el ministerio de agricultura, y se convirtieron a unidades ovino, divididos entre el área de los distritos. Las variables se aprecian en el Cuadro 3.

## MÉTODO DE TRABAJO

A partir de la información del estudio “Adquisición, Procesamiento, Análisis y Clasificación de Imágenes Satelitales y Elaboración de Mapas Para el Estudio de los Procesos de Sequía y Desertificación en la Región Apurímac”, se estableció una matriz de datos cuantitativos, en este caso 09 variables de ocupación de suelo, 14 tipos de vegetación, 45 variables de carácter socioeconómico, correspondiente a 07 provincias de la región y 71 distritos.

Siguiendo a De Aranzabal *et al.* (2008), se realizó un análisis de ordenación (análisis de componentes principales, ACP). Este análisis es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores

serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí (Terradez, 2007).

De esta forma se estima representar la diversidad de los datos encontrados, para recogerla en las dimensiones que representan las principales variaciones y tendencias de la tipología del paisaje. Este análisis de ACP permite ver cuantos ejes de variabilidad se pueden explicar para los paisajes de Apurímac, de acuerdo a los modelos aplicados, los tres primeros ejes captan más del 70% de esta variabilidad.

Con esta información se identificaron los tipos de paisajes mediante la segmentación de los primeros ejes del ACP en tres intervalos aproximadamente iguales, basado en las coordenadas de las observaciones representadas en el plano. Se ubicó a los municipios y tipos de paisaje en el plano de acuerdo con su proximidad al centro de gravedad de cada grupo (Distancias de Mahalanobis,  $Mdij$ )

$$MD_{i,j}^2 = (x_i - x_j)' V_w^{-1} (x_i - x_j)$$

Donde los vectores  $x_i$  y  $x_j$  representan dos puntos en el plano-dimensión,  $V_w$  es el espacio y la matriz de covarianza entre los grupos. En el plano, cada una de las dos dimensiones calculadas constituye una manera de describir el cambio en el paisaje del área de estudio, de acuerdo con las cargas de las variables descriptivas de esas dimensiones.

Se emplearon las coordenadas de los municipios en las dimensiones del plano ACP como valores de las variables dependientes en las ecuaciones de regresión múltiple. Las variables independientes de estas ecuaciones fueron las variables socio-económicas de los censos de población recientes y variables de los reportes del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

Las ecuaciones de regresión para cada eje de la ACP, se ubicaron en función del número óptimo de las condiciones socioeconómicas que caracterizan la variabilidad del paisaje los municipios, expresada por cada eje. El modelo de ajuste entre las variables se debe expresar de la siguiente manera:

$$y_i = a + bs_1 + cs_2 + ds_3 + \dots + ms_m$$

Donde  $y_i$  representa el paisaje identificado a partir de la información de coberturas empleado, de municipalidades del conjunto, "a" el intercepto, y  $b, c, d, \dots, m$  los coeficientes de regresión de las variables socioeconómicas de mayor importancia seleccionadas por el análisis. Estas regresiones formalizarán la relación del modelo numérico entre las unidades de vegetación y la ocupación de suelos (variabilidad de  $y$ ), y el espacio socioeconómico (variables económicas seleccionadas en la regresión, cuya relación positiva o negativa indican la importancia de la relación con sus coeficientes).

Para el procesamiento de la información se usaron los programas SPSS y STAT, que permiten operar los análisis de componentes principales y regresiones múltiples de forma sencilla y buena precisión estadística, así como las pruebas estadísticas necesarias para la fiabilidad de los datos obtenidos. Respecto de las regresiones se empleó el método Forward Stepwise,

aplicando la prueba de Fisher F entre 1 y 0,5. Para la validación se empleó la prueba de Durbin-Watson para verificar la variación aleatoria de los residuales.

En el caso peruano existen experiencias de aplicación de estos modelamientos numéricos para el análisis de paisajes en zonas naturales, como es el caso del estudio del Manglar de San Pedro-Vice, (Piura-Perú). En este caso los modelos aplicados buscaron caracterizar la variabilidad Físicoquímica y Fisiográfica de este ecosistema (Huaylinos *et al.*, 2003). Los resultados del estudio arrojaron que el funcionamiento del manglar respondía a la variabilidad del sedimento, es decir, la sedimentación de material arrastrado del curso superior del río determinaba las características fisiográficas de este ecosistema.

## RESULTADOS

### **Paisajes característicos de la región Apurímac, a partir de la ocupación de suelo y unidades de vegetación**

La matriz de relaciones entre los paisajes de Apurímac, se realizó sobre la base de los 80 distritos, considerando las 7 provincias de Apurímac. El Cuadro 4, muestra el resultado de la interacción entre las áreas de las unidades de vegetación, a través del análisis de componentes principales, que determina tres ejes sobre los cuales se puede expresar la variabilidad de estas unidades en el departamento de Apurímac.

De los datos obtenidos en el análisis de componentes principales se observa dos tipos de asociaciones vegetales predominantes en los 80 distritos, de un lado, la asociación: Bofedal + Pajonal + Vegetación de altura + Vegetación de Tundra, eje 1; y de otro, el conjunto Matorral húmedo + Monte ribereño + Vegetación de quebrada baja + Vegetación de quebrada media, eje 2 (Figura 5 y 6).

Con relación a la ocupación del suelo, se realizó el mismo análisis, que arroja los resultados que se observan en el Cuadro 5.

El resultado muestra tres conjuntos de ocupación de suelo, el primero está formado por el Bofedal + Los cuerpos de agua + Pastizales altoandinos, eje 1; el segundo integrado por los Campos agrícolas + Bosques, eje 2; y el tercero por los cuerpos de nieve y hielo. La primera agrupación se refiere a los espacios ganaderos, asociados a la humedad de las zonas altas de la cual dependen los bofedales, compuestos por especies como *Alchemilla diplophylla* y *Distichia muscoides*. Estos espacios son muy apreciados por los ganaderos locales, que manejan rebaños mixtos de vacunos, ovinos y alpacas. El segundo, se refiere a los espacios agroforestales de las quebradas y el tercero, a las áreas de nieves y coberturas de hielo en las zonas altas (Figura 7 y 8).

Estas asociaciones son características del paisaje apurimeño, en tanto el territorio está cortado por dos grandes cañones formados por los ríos Apurímac y Pampas, que definen áreas de planicies y apenas forman valles en las zonas bajas, por lo que la vegetación crece en las mesetas y las laderas de los sistemas orográficos de la región.

## MODELO DE DESERTIFICACIÓN

En función de la matriz de variables señaladas, en las variables se generaron una serie de modelos de relación entre los paisajes característicos de las unidades de vegetación y ocupación de suelos, con niveles de correlaciones en promedio sobre el 70%, que muestra las relaciones entre dichos grupos de variables. Por ejemplo se tienen los casos del cuadro 6.

Estos modelos presentan relaciones entre los tipos de paisajes analizados, y variables como el empleo de la leña en la preparación de alimentos, ENLEÑA, así como el número de trabajadores en la agricultura EMAGR y en la minería EMMIN, que presentan relaciones lógicas. Por ejemplo, en el caso de las áreas de *suelos desnudos*, si se incrementan los empleos en minería la cobertura descubierta aumenta también. En el caso de la *vegetación dispersa* se aprecia un incremento con el aumento del empleo de la leña en la preparación de alimentos.

Para generar el modelo se trabajó con un indicador específico, representado por la proporción de la suma de las áreas de suelos desnudos y vegetación dispersa respecto de la superficie total. La cual se comparó con la densidad poblacional DENPO y la carga animal CARUA sobre el territorio, obteniendo el modelo del Cuadro 7.

Se observa una relación directa entre la unidad de paisaje *Suelos desnudos - Vegetación dispersa* y la carga animal CARUA. Es decir, que al incrementarse la carga animal se incrementa las áreas de suelos desnudos y vegetación dispersa. Con estos resultados podemos explicar que el paisaje y las variables socioeconómicas, ligadas al tema de la desertificación, presentan relaciones que permiten mostrar que la presión ejercida por la actividad pecuaria sobre el medioambiente es una de las causas de desertificación en la región Apurímac. Si bien el indicador R es bajo, el modelo tiene una correlación cercana al 50%, que muestra la existencia de relación entre la cobertura de suelo afectada por la desertificación y los índices de carga ganadera. Una de las limitaciones del corrido de este modelo es la calidad de la información de cobertura de suelo, pues un 3% de la superficie de la región no pudo ser registrada, además de que los datos de carga ganadera corresponden a información no precisada en las bases del MINAG.

## CONCLUSIONES

1. Es posible establecer relaciones entre las variables de ocupación de suelos y datos socioeconómicos, como son el uso de la leña como combustible en la cocina doméstica, el número de empleos en la agricultura y en la minería. Factores que al ser analizados contribuyen a los cambios en los paisajes analizados.
2. Es posible realizar estimaciones de escenarios en los paisajes identificados a partir de las tendencias que muestran las variables analizadas en el estudio, porque las relaciones se ajustan a procesos lógicos, de relaciones directas e inversas, como se ha explicado en el caso de los suelos desnudos y la vegetación dispersa.
3. El modelo de análisis del impacto antrópico sobre los suelos y la desertificación, para la región Apurímac puede ser mejorado a partir de un análisis micro de las variables consideradas, con datos actualizados y con mejores niveles de control.

4. Dado que la región Apurímac mantiene extensas áreas rurales, los modelos de regresión múltiple mostrados pueden ayudar a conocer tendencias en el cambio de los paisajes analizados. Estas tendencias pueden servir para observar otras realidades semejantes en la región surandina peruana.

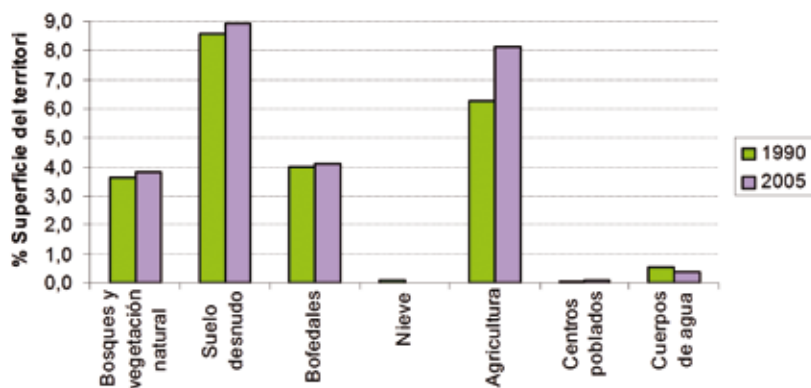
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baldock, D., G. Beaufoy, G. Bennett, & J. Clark. 1993. Nature Conservation and New Directions in the Common Agricultural Policy. Institute for European Environmental Policy, Arnhem.
- Castro, P. 2006. Governance in combating desertification in Peru: The case of Apurímac Region. University of Reading.
- Consejo de Europa. 2000. Convenio Europeo Sobre el Paisaje. Florencia.
- De Aranzabal, I., M. Schmitz, P. Aguilera & F. D. Pineda. 2008. Modelling of landscape changes derived from the dynamics of socio-ecological systems. A case of study in a semiarid Mediterranean landscape. *Ecological indicators* 8, 672 - 685.
- Eguren, Fernando. 2004. Las políticas agrarias en la última década: una evaluación. En: Fernando Eguren, María Isabel Remy y Patricia Oliart (eds.). *Perú, el problema agrario en debate*. SEPIA X. Lima: SEPIA, p. 19-78.
- Huaylinos, W., E. Quispitupac & N. Martinez. 2003. Variabilidad fisicoquímica y fisiográfica del ecosistema de Manglar San Pedro-Vice (Piura-Perú). *Rev. Inst. investig. Fac. Minas metal cienc. geogr. ene./jun.* 2003, vol.6, no.11, p.7-19. ISSN 1561-0888.
- Iguíñiz Echeverría, Javier M. 2007. Cambio Tecnológico en la Agricultura Peruana en las Décadas Recientes: Enfoques, Resultados y Elementos. En: *SEPIA XII Problema Agrario*. INEI, 2009. Censo de Población y Vivienda. Lima.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. 1996. Mapa de erosión de los suelos del Perú: memoria descriptiva. Lima.
- ITDG Soluciones Prácticas. 2007. Sequía y desertificación en Apurímac. Diagnóstico. ITDG, Unión Europea, MASAL. Abancay. p. 36-43
- Liang, L., M. Stocking, H. Brookfield & L. Jansky. 2001. Biodiversity conservation through agrodiversity. *Global Environ. Change* 11, 97-101.
- Muñoz-Pedrerros, Andrés. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 139-156.
- Naciones Unidas. 1994. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, <http://www.unccd.int/parliament/data/bginfo/PDUNCCD%28spa%29.pdf>
- PNUD. 2009. Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009: Por una densidad del Estado al servicio de la gente. Lima.
- Serra, P., X. Pons & D. Saurí. 2007. Análisis espacial conjunto de variables socioeconómicas y biofísicas como fuerzas inductoras de los cambios agrarios: Problemas y posibles soluciones. *Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals*.
- Terrádez, Manuel. 2007. Análisis de componentes principales. Proyecto e-Math,

Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD). Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. Páginas 1-3.

**Cuadro 1.** Principales factores de desertificación y su área de influencia en la región Apurímac. (Fuente: Proyecto “Sequía y Desertificación” ITDG – Soluciones Prácticas)

| Degradación encontrada | Erosión por deforestación                                                                                                       |      | Erosión por malas prácticas agrícolas                                                     |     | Bajo contenido de materia orgánica                                         |      | Degradación de las zonas alto andinas |    |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|----|
| Ocupación de suelos    | Vegetación dispersa                                                                                                             |      | Agricultura                                                                               |     | Agricultura                                                                |      | Pastos altoandinos                    |    |
| Causa natural          | Relieve: pendientes superiores a 10%                                                                                            |      | Relieve: pendientes superiores a 10%                                                      |     | Suelos más friables en la zona Inferior andina (texturas arcillo arenosas) |      | Sequías                               |    |
| Causas antrópicas      | Degradación de la vegetación natural por tala indiscriminada (apertura de la frontera agrícola, leña...), sobrepastoreo y quema |      | Malas prácticas agrícolas (manejo no adecuado del riego por gravedad, ausencia de surcos) |     | Uso abusivo de productos químicos                                          |      | Quema y sobrepastoreo                 |    |
|                        | Ha                                                                                                                              | %    | Ha                                                                                        | %   | Ha                                                                         | %    | Ha                                    | %  |
| Grau                   | 26315                                                                                                                           | 12,3 | 4592                                                                                      | 2,2 | 0                                                                          | 0    | 118422                                | 56 |
| Cotabambas             | 32552                                                                                                                           | 12,4 | 4667                                                                                      | 1,8 | 0                                                                          | 0    | 148218                                | 57 |
| Chincheros             | 49476                                                                                                                           | 32,9 | 5946                                                                                      | 4   | 25647                                                                      | 17,1 | 21770                                 | 14 |
| Aymaraes               | 46803                                                                                                                           | 11,3 | 7248                                                                                      | 1,8 | 0                                                                          | 0    | 209016                                | 51 |
| Antabamba              | 15284                                                                                                                           | 4,7  | 2508                                                                                      | 0,8 | 0                                                                          | 0    | 194948                                | 61 |
| Andahuaylas            | 51718                                                                                                                           | 12,8 | 11501                                                                                     | 2,9 | 50278                                                                      | 12,5 | 138417                                | 34 |
| Abancay                | 80036                                                                                                                           | 23,2 | 12212                                                                                     | 3,5 | 31204                                                                      | 9    | 111267                                | 32 |
| Apurímac               | 302185                                                                                                                          | 14,3 | 48675                                                                                     | 2,3 | 107129                                                                     | 5,1  | 942057                                | 45 |



**Figura 1.** Evolución de la ocupación de suelos entre los años 1990 y 2005. (Fuente: Map GeoSolutions/ Proyecto “Sequía y Desertificación” Soluciones Prácticas - ITDG)



**Figura 2.** Procesos de desertificación y sequía en la región Apurímac. (Fuente: ITDG, 2007)

Cuadro 2. Índice de desarrollo humano de Apurímac. (Fuente: PNUD, 2009)

|          | Población  |         | Índice de Desarrollo Humano |         | Esperanza de vida al nacer |         | Alfabetismo |         | Escolaridad |         | Logro Educativo |         | Ingreso familiar per cápita |         |
|----------|------------|---------|-----------------------------|---------|----------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-----------------|---------|-----------------------------|---------|
|          | habitantes | ranking | IDH                         | ranking | años                       | ranking | %           | ranking | %           | ranking | %               | ranking | N.S. mes                    | ranking |
| APURÍMAC | 404 190    | 18      | 0.5610                      | 23      | 71.77                      | 15      | 78.32       | 24      | 89.91       | 3       | 82.19           | 22      | 203.3                       | 23      |
| Abancay  | 96 064     | 58      | 0.6025                      | 54      | 73.43                      | 46      | 86.55       | 110     | 90.18       | 16      | 87.76           | 78      | 288.6                       | 53      |
| Aymaraes | 29 569     | 151     | 0.5446                      | 144     | 70.44                      | 138     | 76.93       | 171     | 89.36       | 29      | 81.07           | 150     | 170.5                       | 141     |



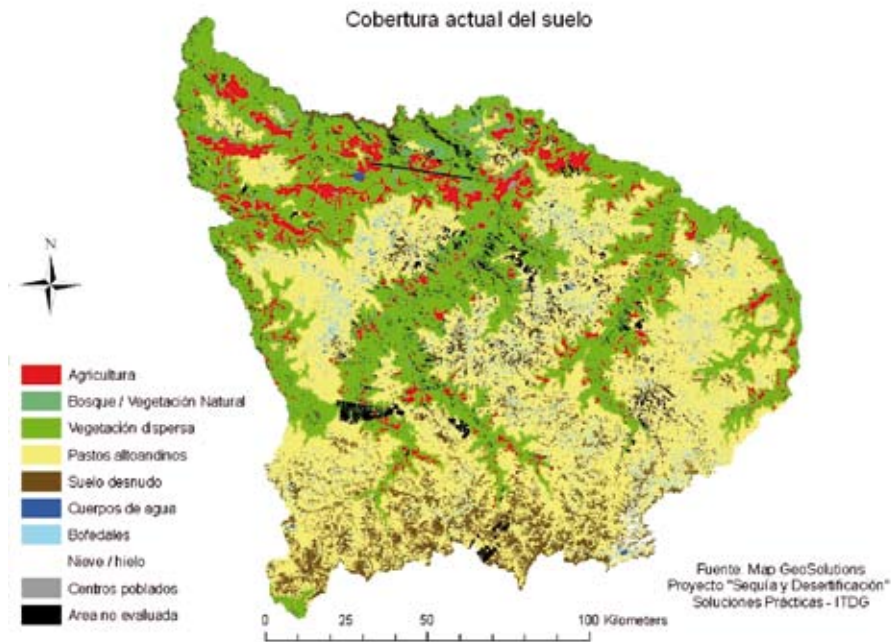
Figura 3. División política de provincias y distritos de Apurímac.

**Cuadro 3.** Variables empleadas para generar el modelo de trabajo. (Fuente: elaboración propia)

|                                                        |                                     |        |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| Población total                                        | Número de personas                  | Pobto  |
| Densidad poblacional                                   | Personas/km <sup>2</sup>            | Denpo  |
| Carga ganadera                                         | Unidades ovino/Km <sup>2</sup>      | Carua  |
| Esperanza de vida                                      | Número de años                      | Espv   |
| Tasa de alfabetismo                                    | % de personas                       | Alfb   |
| Tasa de escolaridad                                    | % de personas matriculadas          | Escol  |
| Tasa de logro educativo                                | % de personas que culminan estudios | Loged  |
| Ingresos mensuales en soles                            | Nuevos soles por mes                | Ingem  |
| Numero de víctimas del conflicto armado                | Número de personas                  | Vicdi  |
| Personas con nivel de educación Inicial                | Número de personas                  | Edin   |
| Personas con nivel de Primaria                         | Número de personas                  | Edpr   |
| Personas con nivel de Secundaria                       | Número de personas                  | Edse   |
| Personas con nivel de Sin Nivel                        | Número de personas                  | Edsn   |
| Personas con nivel de Superior No Univ. completa       | Número de personas                  | Esduc  |
| Personas con nivel de Superior No Univ. incompleta     | Número de personas                  | Esnu   |
| Personas con nivel de Superior Univ. completa          | Número de personas                  | Esuc   |
| Personas con nivel de Superior Univ. incompleta        | Número de personas                  | Esui   |
| Hogares que Cocina con Bosta, estiércol                | Número de hogares                   | Enbos  |
| Hogares que Cocina con Carbón                          | Número de hogares                   | Encar  |
| Hogares que Cocina con Electricidad                    | Número de hogares                   | Enele  |
| Hogares que Cocina con Gas                             | Número de hogares                   | Engas  |
| Hogares que Cocina con Kerosene                        | Número de hogares                   | Enker  |
| Hogares que Cocina con Leña                            | Número de hogares                   | Enleñ  |
| Hogares que No cocinan                                 | Número de hogares                   | Ennc   |
| Hogares que Cocina con Otro                            | Número de hogares                   | Enotr  |
| Trabajan en Actividad económica no especificada        | Número de personas                  | Emni   |
| Trabajan en Activit.inmobil.,empres.y alquileres       | Número de personas                  | Emim   |
| Trabajan en Admin.pub.y defensa;p.segur.soc.afil.      | Número de personas                  | Emadm  |
| Trabajan en Agri.ganadería, caza y silvicultura        | Número de personas                  | Emagr  |
| Trabajan en Comercio por mayor                         | Número de personas                  | Emcom  |
| Trabajan en Comercio por menor                         | Número de personas                  | Emcon  |
| Trabajan en Construcción                               | Número de personas                  | Emcons |
| Trabajan en Enseñanza                                  | Número de personas                  | Emens  |
| Trabajan en Explotación de minas y canteras            | Número de personas                  | Emmin  |
| Trabajan en Hogares privados y servicios domésticos    | Número de personas                  | Emhog  |
| Trabajan en Hoteles y restaurantes                     | Número de personas                  | Emhot  |
| Trabajan en Industrias manufactureras                  | Número de personas                  | Emind  |
| Trabajan en Intermediación financiera                  | Número de personas                  | Emfin  |
| Trabajan en Organiz.y organos extraterritoriales       | Número de personas                  | Emorex |
| Trabajan en Otras activi. serv.comun.,soc.y personales | Número de personas                  | Emot   |
| Trabajan en Pesca                                      | Número de personas                  | Empes  |
| Trabajan en Servicios sociales y de salud              | Número de personas                  | Emserv |
| Trabajan en Suministro electricidad, gas y agua        | Número de personas                  | Emsum  |
| Trabajan en Transp.almac.y comunicaciones              | Número de personas                  | Emtran |
| Trabajan en Venta,mant.y rep.veh.autom.y motoc.        | Número de personas                  | Emauto |

**Cuadro 4.** Ejes resultantes del análisis de componentes principales de la vegetación de Apurímac.  
(Fuente: elaboración propia)

| Unidades de Vegetación | Eje 1    | Eje 2    | Eje 3    |
|------------------------|----------|----------|----------|
| BOF                    | 0.88547  | -0.13584 | -0.12604 |
| MATH                   | 0.23523  | -0.82928 | 0.31387  |
| MATSH                  | 0.02519  | -0.66267 | 0.47611  |
| MATES                  | -0.31089 | -0.55557 | -0.44013 |
| MONTR                  | -0.22079 | -0.89489 | 0.03811  |
| PAJ                    | 0.82493  | -0.20910 | 0.09640  |
| PASTN                  | 0.61390  | 0.11688  | -0.43220 |
| CACT                   | -0.33491 | -0.27598 | -0.69180 |
| PLAYA                  | -0.23964 | -0.46181 | -0.61995 |
| VEGAC                  | 0.65368  | -0.10995 | -0.04182 |
| VEGALT                 | 0.93799  | -0.01631 | -0.16276 |
| VEGBAJ                 | -0.21819 | -0.84940 | -0.26204 |
| VEGMED                 | 0.37488  | -0.77682 | 0.34421  |
| VEGTUN                 | 0.87582  | 0.05987  | -0.34630 |



**Figura 4.** Cobertura de suelo en la región Apurímac. 2007.

**Cuadro 5.** Ejes resultantes del análisis de componentes principales respecto de la ocupación de suelos en Apurímac.  
(Fuente: elaboración propia)

| Ocupación de suelo | Eje 1    | Eje 2    | Eje 3    |
|--------------------|----------|----------|----------|
| AGRIC              | -0.27383 | -0.78481 | -0.34900 |
| BOF                | -0.86191 | 0.22993  | 0.11074  |
| BOSQ               | -0.29226 | -0.74499 | -0.13826 |
| CENPO              | -0.08551 | -0.34309 | -0.44582 |
| CUAGUA             | -0.70853 | 0.17581  | -0.11855 |
| NIEVHI             | -0.02822 | 0.14843  | -0.73171 |
| PASALT             | -0.85195 | 0.29114  | 0.23744  |
| SUEDES             | -0.49332 | 0.35365  | -0.61281 |
| VEGDISP            | -0.54098 | -0.53138 | 0.52371  |

**Cuadro 6.** Regresiones múltiples entre paisajes y factores de desertificación. (Fuente: elaboración propia, 2010)

|                                                                                              |                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suelo desnudo                                                                                | 23.67560926 + 0.334500651*EMMIN<br>R= .73609359 R <sup>2</sup> = .54183377 Adjusted R <sup>2</sup> = .52313311                      |
| Vegetación dispersa                                                                          | 8.884270081+0.095706118*ENLEÑA<br>R= .79745615 R <sup>2</sup> = .63593631 Adjusted R <sup>2</sup> = .58739448                       |
| Paisaje tipo Bofedal + Cuerpos de agua + Pastizales<br>altoandinos (ocupación de suelos)     | 0.49921994 -0.001419645*EMAGR<br>-0.003340127* EMMIN<br>R= .73576300 R <sup>2</sup> = .54134719 Adjusted R <sup>2</sup> = .51268139 |
| Matorral húmedo-Monte ribereño- Vegetación de<br>quebrada baja- Vegetación de quebrada media | 0.979210195 -0.001671426*ENLEÑA<br>R= .85761673 R <sup>2</sup> = .73550646 Adjusted R <sup>2</sup> = .71897561                      |

**Cuadro 7.** Modelo de desertificación a partir de variables de presión antrópica. (Fuente: elaboración propia, 2010)

|                                                          |                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Porcentaje de suelos desnudos mas vegetación<br>dispersa | 0,21259518 + 0,00046725*CARUA                                                                                                        |
| Valores estadísticos                                     | R= .49788822 R <sup>2</sup> = .24789268 Adjusted R <sup>2</sup> = .22577188<br>F(2,68)=11.206 p<.00006 Std.Error of estimate: .13994 |



**Figura 5.** Paisaje tipo Bofedal-Pajonal-Vegetación de altura- Vegetación de Tundra.



**Figura 6.** Paisaje tipo Matorral húmedo-Monte ribereño- Vegetación de quebrada baja- Vegetación de quebrada media.



**Figura 7.** Paisaje tipo Bofedal + Cuerpos de agua + Pastizales altoandinos.



**Figura 8.** Paisaje tipo Campos agrícolas + Bosques.

# Fenología reproductiva de especies vegetales de Salinas Grandes, Catamarca, Argentina

MARCOS KARLIN\*, ANA CONTRERAS, ULF KARLIN, RUBÉN COIRINI

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

\*Email: mkarlin@agro.unc.edu.ar

## RESUMEN

Se compararon las relaciones entre los patrones fenológicos reproductivos de 113 especies vegetales de 37 familias botánicas y las características ambientales de cinco sub-ambientes pertenecientes a la región de Salinas Grandes (Provincia de Catamarca, Argentina). Los sub-ambientes se diferencian entre sí principalmente por la salinidad del suelo. Los datos fenológicos fueron tomados en cada sub-ambiente, durante dos temporadas sucesivas a través de observaciones visuales de poblaciones vegetales en distintos puntos de la cuenca. Para cada sub-ambiente se determinó conductividad eléctrica (1:1) en época seca y época húmeda. Los resultados muestran diferencias significativas en las épocas de floración y fructificación según sub-ambientes. Las lluvias producen distintas respuestas fenológicas según la familia evaluada y en relación con los distintos sub-ambientes considerados. Son destacables los efectos que produce el agua del suelo sobre las fenofases de las Quenopodiáceas. La fenofase inicio de floración no se activa como consecuencia de las precipitaciones en las demás familias estudiadas.

Palabras clave: agua edáfica, fenología, Salinas Grandes, salinidad, vegetación.

## ABSTRACT

*Relationships between reproductive phenological patterns of 113 vegetal species of 37 botanical families and environmental characteristics of five sub-environments of Salinas Grandes region (Province of Catamarca, Argentina) were compared. The sub-environments difference mainly by soil salinity. Phenological data was taken in each sub-environment, along two successive seasons through visual observations of vegetal populations in different points of the basin. For each sub-environment, electrical conductivity (1:1) was determined in dry and rainy season. Results show significative differences in the periods of flowering and fructifying depending on the sub-environment. Rains produce different phenological responses according to the evaluated families and in relation to the different considered sub-environments. The effect of soil water over Chenopodiaceae phenophases is important. The phenophase flowering initiation is not activated in the other studied families as a consequence of precipitations.*

*Key words: edaphic water, phenology, Salinas Grandes, salinity, vegetation.*

En la República Argentina las zonas áridas y semiáridas, comprenden un 70% de su superficie. En estas áreas se encuentran ambientes salinos en posiciones bajas de relieve, siendo la región de Salinas Grandes, ubicada en el centro-oeste, la principal área salina del país. Posee características particulares que la diferencian de las demás regiones salinas, debido a que en ella confluyen distintas formaciones fitogeográficas, lo que le otorga una amplia diversidad vegetal.

Esta región presenta diversos sub-ambientes distribuidos a manera de parches en los cuales se desarrollan determinadas formas de vegetación. Dichos parches conforman una barrera física al viento y al agua, permitiendo la acumulación de material arrastrado por estos agentes, modificando las condiciones edáficas y permitiendo la instalación de aquellas especies vegetales más sensibles a altos tenores de salinidad (Ruiz Posse *et al.*, 2007). En este sentido, la presencia de parches en los ecosistemas de zonas áridas genera microambientes con características particulares en los cuales las especies vegetales utilizan los recursos en forma diferencial (Whitford, 2002).

Los aspectos fenológicos de las plantas son un indicador de procesos ecofisiológicos y resultado de diferencias morfológicas y genéticas, ya que estas poseen adaptaciones que le permiten utilizar al máximo los recursos que le brinda el microambiente en que viven.

La bibliografía (Pavón & Briones, 2001; Abd El Ghani, 1996; Fresnillo Fredorenko *et al.*, 1995; Steyn *et al.*, 1994; Friedel *et al.*, 1992; Gutterman, 1990) menciona que las principales causas que afectan la fenología reproductiva vegetal corresponden a factores climáticos, principalmente precipitaciones (asociadas al contenido de humedad de los suelos), temperatura, y en menor medida al fotoperiodo. Algunas especies vegetales de zonas áridas se han adaptado para permitir su supervivencia y reproducción produciendo propágulos que puedan desarrollarse en épocas favorables, ya sea en épocas de lluvias, o en épocas de incremento poblacional de ciertos animales que favorecen la propagación de dichas estructuras reproductivas (Pavón & Briones, 2001; Petit, 2000).

El agua recibida a través de precipitaciones estacionales, es acumulada en el suelo, quedando retenida en mayor o menor medida dependiendo de los potenciales mátricos y osmóticos particulares de cada situación, además del gravitacional (Richards, 1969), siendo el potencial osmótico el de mayor influencia en aquellos ambientes o sub-ambientes que presentan elevados tenores salinos en el suelo.

En el área de estudio se pueden observar diferentes sub-ambientes que han sido formados por la interacción de procesos geomorfológicos y por la vegetación adaptada. Pueden diferenciarse entonces distintos tipos de suelo con contenidos salinos variables. Dicha concentración salina es un factor muy importante que regula el desarrollo de la flora local alterando sus procesos fisiológicos y los patrones espaciales de las comunidades vegetales. De acuerdo a las adaptaciones genéticas propias de cada especie, las estrategias reproductivas varían en función de la misma y del ambiente en el cual están instaladas.

El conocimiento de las variaciones fenológicas tiene gran importancia sobre el manejo de los recursos vegetales identificados. Muchas especies son formadoras de suelo y presentan gran potencialidad económica, ya sea como forrajeras o como apícolas. Por un lado, la modelización

de las fechas de floración y fructificación permitiría predecir el comportamiento de las especies vegetales en diferentes sub-ambientes, pudiéndose planificar el aprovechamiento de aquellas con importancia ambiental y económica. Esto trae aparejado un mejor conocimiento de la dinámica ambiental proporcionando herramientas para la conservación y el uso sustentable de los recursos en el espacio y el tiempo.

Con este trabajo se pretende establecer posibles relaciones entre los patrones fenológicos reproductivos de especies de la región de Salinas Grandes y las características climáticas y edáficas de los sub-ambientes identificados.

La hipótesis que se busca probar es que las especies locales generalistas, dependiendo del sub-ambiente en el cual se encuentran instaladas, florecen y fructifican en diferentes fechas y esto depende de sus estrategias adaptativas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra al sur de la Provincia de Catamarca (Argentina), en el Departamento La Paz, siendo los límites establecidos las Rutas Nacionales N° 60 y N° 157 hacia el este, la Ruta Provincial N° 20 hacia el norte, y los límites políticos con las Provincias de La Rioja y Córdoba al oeste y sur respectivamente. Abarca una superficie de 400,000 ha, correspondiente a la región de Salinas Grandes, comprendiendo las geoformas de bajada y playa (Capitanelli, 1979), con una elevación sobre el nivel del mar que va desde 150 a los 210 m (Ruiz Posse *et al.*, 2007).

Presentan un clima de tipo continental, mesotérmico, árido con inviernos secos, con grandes amplitudes térmicas y amplias oscilaciones en lluvias, y alta evaporación. La precipitación media anual oscila entre 300 y 500 mm, siendo el periodo más lluvioso noviembre-marzo, mientras que los meses más secos son junio, julio y agosto (Ruiz Posse *et al.*, 2007). La evapotranspiración potencial anual es de 950 mm, produciéndose déficit hídrico durante todo el año (Zamora, 1990). La temperatura media anual es de 20,5°C (Dargám, 1995), con máximas y mínimas absolutas de 42°C y -6 °C respectivamente. Las heladas ocurren entre abril y septiembre, aunque son de baja frecuencia (Ruiz Posse *et al.*, 2007). Los vientos soplan con relativa frecuencia y corren generalmente en dirección noreste a sudoeste y de este a oeste (Ragonese, 1951), coincidiendo los meses que presentan una mayor intensidad en los vientos, con los meses mas secos del año.

Se determinó la fenología reproductiva de especies vegetales pertenecientes a 37 familias representativas de la zona (Cuadro 1), a través de observaciones visuales en toda el área de estudio, con el fin de absorber la variabilidad climática. Los datos fenológicos fueron tomados aproximadamente cada 15 días durante 2 años, al azar en distintos puntos de la cuenca, identificando el sub-ambiente al cual pertenecían las especies consideradas. Debido a las grandes distancias requeridas para incluir distintos sub-ambientes, no se pudieron relevar la totalidad de fenofases para todas las especies, por lo que los datos faltantes se calcularon en función a análisis de regresión lineal. Para cada variable (inicio, plenitud, final de floración, inicio, plenitud y final de fructificación) se realizaron correlaciones cruzadas en base a coeficientes de correlación de Pearson, teniendo en cuenta los valores de  $R^2$  más altos para cada una.

La diferenciación ambiental se hizo conforme a la clasificación hecha por Ruiz Posse *et al.* (2007), tomando en cuenta cinco de los diez sub-ambientes: salina vegetada (*sv*), bajo bueno (*bb*), monte con influencia salina (*mcis*), bordo (*b*) y monte con escasa influencia salina (*msis*). Las fechas de ocurrencia de las fenofases fueron tabuladas tomando el valor medio de cada población en determinado sitio, siendo la superficie relevada de cada uno variable en función del tamaño de cada parche de vegetación. Las fenofases son las siguientes:

- inicio de floración: 10% de las plantas de una comunidad con flores, o presencia de botón floral.
- plena floración: al menos el 50% de las plantas de una comunidad con flores.
- fin de floración: decaimiento de flores en las plantas de una comunidad o últimas flores producidas superpuestas con el comienzo de fructificación.
- inicio de fructificación: 10% de las plantas de una comunidad con frutos, o comienzo de cuajado de flores.
- plena fructificación: al menos 50% de las plantas de una comunidad con frutos.
- fin de fructificación: madurez de frutos o caída de frutos según especie.

Las precipitaciones correspondientes al ciclo estudiado (2007-2009) se midieron en cuatro puntos estratégicos del área de estudio a través de estaciones meteorológicas instaladas en dichos sitios.

Se realizaron calicatas en lugares representativos de los diferentes sub-ambientes, tomando como base imágenes satelitales correspondientes al área de estudio. Una vez identificados los horizontes de cada perfil, se determinó en cada uno conductividad eléctrica (1:1) (Richards, 1969) a través de conductímetro a partir de muestras compuestas (de 12 sub-muestras tomadas al azar) en época seca y época húmeda. A fin de que los datos fueran comparativos entre si, se ponderaron los valores a profundidades de 0-20 cm.

La comparación de las fenofases entre los diferentes sub-ambientes de las familias que poseen especies más abundantes, y de las especies generalistas, se hizo a través de análisis de la varianza y análisis de conglomerados. Se realizó para cada familia y cada especie considerada un diagrama de perfiles multivariados a fin de observar tendencias de dichas familias y especies en cada sub-ambiente. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa informático Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que la floración y fructificación en general, tomando como promedio el conjunto de especies observadas en cada sub-ambiente, es más tardía al aumentar el tenor salino de los suelos (Figura 3). La floración y fructificación más atrasada corresponde a las especies que habitan los sub-ambientes *sv* y *bb*, no observándose diferencias significativas entre estos dos sub-ambientes, pero si con respecto al resto de los sub-ambientes. Esto puede deberse a que en estos sub-ambientes se asientan especies adaptadas que no se encuentran en otros sub-ambientes, o a efectos de las concentraciones salinas sobre especies que pueden encontrarse en sub-ambientes diferentes.

Para ver la influencia de la salinidad sobre las familias más representativas, en la Figura 2 se grafican las fechas de ocurrencia de las fenofases de las familias estudiadas que poseen especies de mayor abundancia.

Las familias estudiadas difieren entre sí en sus patrones fenológicos, siendo las Asteráceas las especies que primero florecen, y por último las Quenopodiáceas.

Las Quenopodiáceas se diferencian netamente del resto de las familias. Las especies consideradas dentro de esta familia corresponden a especies halófitas en su totalidad (*Heterostachys ritteriana*, *Allenrolfea patagonica*, *Suaeda divaricata*, *Atriplex argentina*) (Cuadro 1).

Debido a que las especies relevadas dentro de la familia de las Quenopodiáceas son en su totalidad halófitas, las adaptaciones genéticas a los ambientes salinos permitirían que dichas especies florezcan y fructifiquen bajo condiciones favorables para la planta. Se observa que la floración en estas especies ocurre luego de que en el suelo se acumuló una considerable cantidad de agua de lluvia, produciendo la dilución de las sales presentes en dichos suelos.

La fenofase inicio de floración en la familia de las Asteráceas no se produce por la ocurrencia de precipitaciones, ya que comienza antes del periodo normal de lluvias, lo que indicaría que su patrón fenológico se activa probablemente por efectos de la temperatura y/o fotoperiodo. Este caso resulta interesante ya que poseen un efecto de activación de fenofases reproductivas independiente de las lluvias, a pesar de instalarse en áreas de relativo alto contenido salino ya que se ubican preferentemente en sub-ambientes *bb* (conductividades eléctricas entre 5 y 25 dS/m, Figura 3), con lo cual estas especies poseen la capacidad de producir flores y frutos a pesar de los altos potenciales osmóticos que se presentan en la época seca.

Las Fabáceas, Zigofiláceas y Cactáceas también comenzaron a florecer antes de las precipitaciones en la temporada 2007-2008, pero lo hicieron luego de las lluvias en la temporada 2008-2009. En estas familias no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las fechas de ocurrencia de la fenofase inicio de floración entre ambas temporadas, lo que indicaría que los estímulos para florecer serían independientes de las precipitaciones. En el caso de las Zigofiláceas y Cactáceas tampoco se observaron diferencias significativas entre temporadas en las fenofases inicio, plenitud y final de fructificación, sin embargo sí se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para estas fenofases en las Fabáceas, con lo cual las variables edáficas afectarían la formación y llenado de frutos.

En el caso de las Quenopodiáceas se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la fecha de ocurrencia de las fenofases en ambos años, lo que indicaría que existe un efecto claro de la acumulación de agua en el perfil del suelo sobre la floración y fructificación. Es decir, el comienzo de la floración ocurriría bajo la presencia de cierto tenor hídrico que permita diluir las sales en el suelo. De hecho, se observa que las fechas de las fenofases son mayores en aquellas especies que se desarrollan en sub-ambientes más salinos. *Atriplex argentina* y *Suaeda divaricata* se desarrollan bajo tenores salinos similares (menores a 25 dS/m) y son las primeras en florecer y fructificar dentro de la familia Quenopodiáceas, mientras que *Allenrolfea patagonica* sigue en la secuencia y luego lo hace *Heterostachys ritteriana*, los

cuales se desarrollan bajo tenores salinos mayores (predominan en el sub-ambiente *sv* con conductividades eléctricas mayores a 25 dS/m) (Figura 3).

En las Poáceas no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el comienzo de la floración entre ambas temporadas, pero sí se observó para fructificación, con lo cual la acumulación de agua en el perfil sería fundamental para el llenado de frutos.

Las Cactáceas tendrían la capacidad de proliferar en aquellos sub-ambientes en los cuales se encuentra un horizonte superficial arenoso, lo que permite que se produzca un fenómeno de destilación natural del agua edáfica (Ruiz Posse *et al.*, 2007), la cual es aprovechada por su sistema radical superficial (Pavón & Briones, 2001), permitiendo también el aprovechamiento del agua inmediatamente después de la ocurrencia de lluvias, maximizando así el uso del agua disponible. Debido a que la floración en Cactáceas se produciría por estímulos tales como termoperiodo o fotoperiodo, esta adaptación no sería tan importante para esta fenofase, ya que según Pavón & Briones (2001) utilizarían el agua de sus tejidos para activar la floración. Sin embargo, podría ser importante sobre la fructificación, y sobre todo para el llenado del fruto.

Las diferencias fenológicas permiten agrupar los sub-ambientes en dos grandes grupos (Figura 4): áreas con altos contenidos salinos promedio (superiores a 10 dS/m) y áreas con menor contenido salino (menos de 10 dS/m). Es de destacar que en los sub-ambientes *sv* y *bb* se observan diferentes tendencias, antes y después de la ocurrencia de lluvias. Se observa en la Figura 3 que la concentración salina en ambos sub-ambientes es mayor en época seca que húmeda. Esto se debe al arrastre de las sales por ascenso de agua capilar debido a la evapotranspiración. Aquí predominarían las sales solubles como cloruros y sulfatos de sodio que son solubles.

Las diferencias de concentración y tipos de sales en el suelo entre sub-ambientes con alto contenido salino y sub-ambientes con relativamente bajos contenidos salinos, condicionan su manejo. La identificación de estas diferencias ayuda a la aplicación de toma de decisiones sobre el manejo en cada agrupamiento.

En ninguna de las especies generalistas estudiadas se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) cuando se las compara sobre diferentes sub-ambientes. Esto indicaría que la respuesta de las especies frente a los cambios de salinidad sería provocada por adaptaciones genéticas y no existen cambios de fecha de fenofases en una misma especie al cambiar de sub-ambiente.

## CONCLUSIONES

Las fechas de ocurrencia de floración y fructificación son diferentes entre los sub-ambientes con altas y relativamente bajas concentraciones de sales. Esto indica que existe un efecto de la salinidad sobre la floración y fructificación general de la vegetación en esta región. Dichas diferencias permiten una oferta diferencial de recursos más amplia en el tiempo tales como néctar y polen, pudiendo ser aprovechada por las abejas silvestres y domésticas aumentando el potencial apícola. Asimismo, permite contar con una oferta forrajera continua a través del año, a través de la utilización de productos de los diferentes sub-ambientes.

Sin embargo, la variabilidad fenológica de una misma especie en diferentes sub-ambientes

no se produce, es decir no hay una respuesta diferencial de la especie frente a diferentes condiciones edáficas. Esto indica que las respuestas de las plantas frente al aumento de la salinidad, y por lo tanto el aumento de retención de agua por parte del suelo, no son ambientales sino que tienen un componente genético adaptativo.

Las Quenopodiáceas, al presentar una floración más tardía y dependiente de la acumulación de agua en el suelo, demuestran que han coevolucionado con el ambiente, permitiendo su reproducción y dispersión. Esta floración tardía permite alargar el periodo de disponibilidad de néctar y polen para un mejor aprovechamiento apícola.

Las Poáceas presentan una respuesta positiva frente a las lluvias en la fructificación, pero no en la floración, lo que hace pensar que para esto último existe un estímulo de otra naturaleza. De esta forma, con la lluvia se favorece la producción de semillas viables para la reproducción de estas especies y una adecuada resiembra natural.

Debido a la capacidad de almacenamiento y utilización del agua de los tejidos en las Cactáceas, éstas pueden florecer y fructificar independientemente de las lluvias. Estas especies se instalan en sectores con horizontes superficiales arenosos que permiten un mejor aprovechamiento del agua para la producción de frutos, que a pesar de no ser determinante para la ocurrencia de esta fenofase, permitiría obtener frutos de mejor calidad, tamaño y peso.

Las Fabáceas y Zigofiláceas poseen estímulos para la floración aparentemente independientes de la presencia de agua edáfica. En estos casos, la presencia de la mayoría de las especies en áreas poco salinas, hacen que la retención del agua por el suelo no se vea afectada mayormente por la salinidad, siendo los potenciales osmóticos despreciables. Sin embargo, es de destacar que en algunas especies de estas familias, al tener mayor distribución espacial, podrían tener algún efecto. En el caso de las Fabáceas, es importante que en la época de fructificación se produzcan lluvias para un correcto llenado de los frutos.

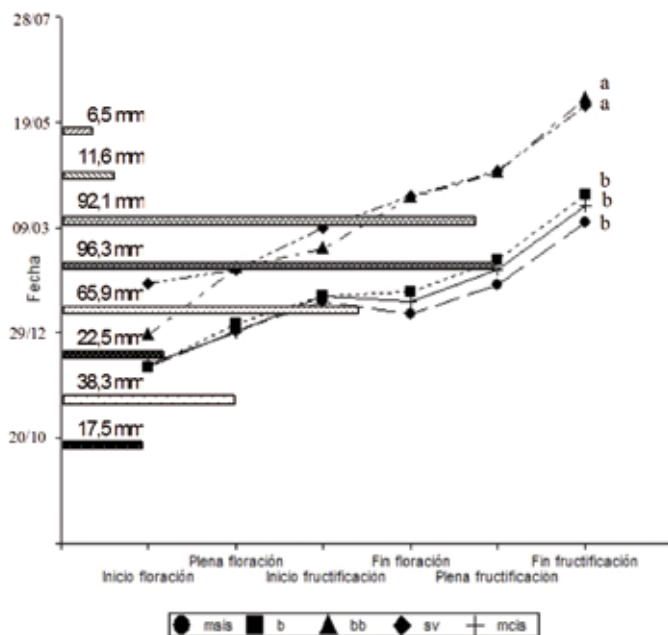
Las Asteráceas, presentes en zonas con alto contenido de sales solubles, poseen gran capacidad de producir flores y frutos en época seca sin necesidad de que las sales solubles del suelo se diluyan previamente. Esta particularidad constituye un caso muy interesante que merece ser estudiado más a fondo a nivel individual para observar cuales son los comportamientos particulares de cada especie considerada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

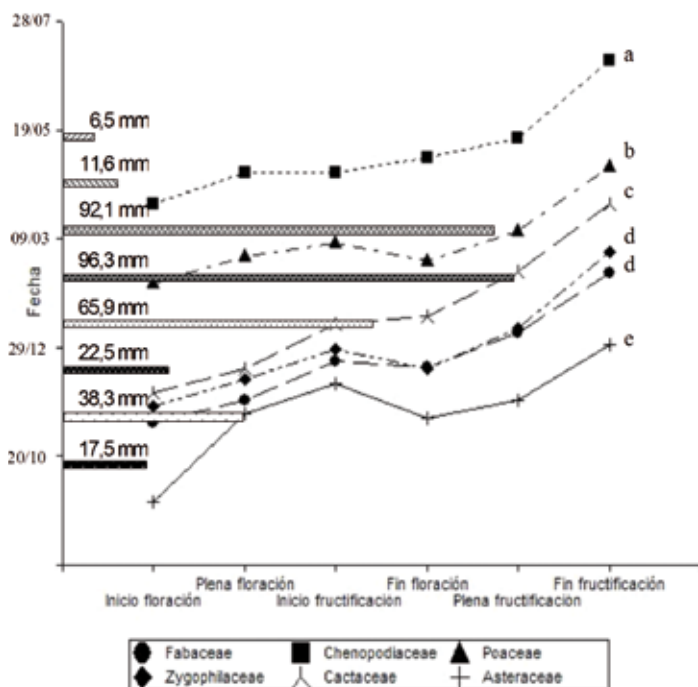
- Abd El-Ghani, M. M.** 1997. Phenology of ten common plants species in western Saudi Arabia. *J. Arid Environ.* 35: 673-683.
- Capitanelli, R. G.** 1979. Cap V. Geomorfología. En: Vázquez, J.B.; R.A. Miatello & M.E. Roqué. *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Ed. Boldt. Córdoba, Argentina.
- Dargám, R. M.** 1995. Geochemistry of waters and brines from the Salinas Grandes basin, Córdoba, Argentina. I. Geomorphology and hydrochemical characteristics. *Int. J. Salt Lake Res.* 3: 137-158.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, L. Gonzalez, M. Tablada, C. Robledo & M. Balzarini.** 2007. Infostat. CD. Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Córdoba.
- Fresnillo Fedorenko, D. E., O. A. Fernández, C. A. Busso & O.E. Elia.** 1996. Phenology of *Medicago mínima* and *Erodium cicutarium* in semi-arid Argentina. *J. Arid Environ.* 33: 409-416.
- Friedel, M. H., D. J. Nelson, A. D. Sparrow, J. E. Kinloch & J. R. Maconochie.** 1994. Flowering and fruiting of arid zone species of *Acacia* in central Australia. *J. Arid Environ.* 27: 221-239.
- Guterman, Y.** 1991. Photoperiodic influences on the flowering time of the hysternanthous geophyte *Sternbergia clausiana* population of the Negev Desert Highlands. *J. Arid Environ.* 21: 31-35.
- Pavón, N. P. & O. Briones.** 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *J. Arid Environ.* 49: 265-277.
- Petit, S.** 2001. The reproductive phenology of three sympatric species of columnar cacti on Curaçao. *J. Arid Environ.* 49: 521-531.
- Ragonese, A. E.** 1951. La vegetación de la Republica Argentina. II.- Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Rev. Inv. Agríc.* 5(1-2): 1-233.
- Richards, L.A. (Ed.).** 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA, Washington DC.
- Ruiz Posse, E., U. O. Karlin, E. Buffa, M. Karlin, C. Gai Levra & G. Castro.** 2007. Ambientes de las Salinas Grandes, Catamarca, Argentina. *Multequina* 16: 123-137.
- Steyn, H. M., N. van Rooyen, M. W. van Rooyen & G. K. Theron.** 1996. The phenology of Namaqualand ephemeral species. The effect of water stress. *J. Arid Environ.* 33: 49-62.
- Whitford, W. G.** 2002. Ecology of desert systems. Academic Press. New York.
- Zamora, E. M.** 1990. Cartografía, génesis y clasificación de los suelos del Noroeste de la Provincia de Córdoba. Tesis doctoral. Mimeo. 174 p.

Tabla 1. Listado de especies relevadas.

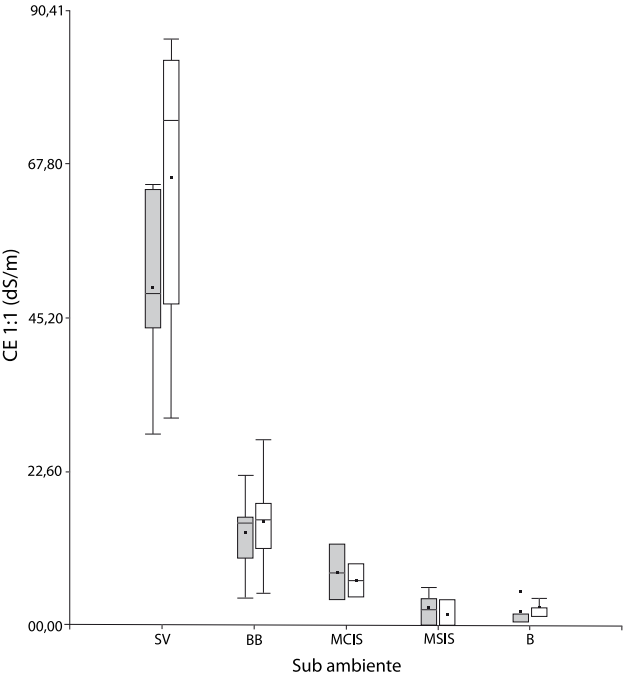
| Especie                              | Familia          | Especie                              | Familia        |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------|
| <i>Acacia aroma</i>                  | Fabaceae         | <i>Maytenus vitis-ideae</i>          | Celastraceae   |
| <i>Acacia furcatispina</i>           | Fabaceae         | <i>Mimosa detinens</i>               | Fabaceae       |
| <i>Acacia praecox</i>                | Fabaceae         | <i>Mimozyanthus carinatus</i>        | Fabaceae       |
| <i>Allenrolfea patagonica</i>        | Chenopodiaceae   | <i>Monantochloe acerosa</i>          | Poaceae        |
| <i>Aloysia gratissima</i>            | Lamiaceae        | <i>Monvillea spegazzinii</i>         | Cactaceae      |
| <i>Alternanthera nodifera</i>        | Amaranthaceae    | <i>Morrenia odorata</i>              | Asclepiadaceae |
| <i>Aristida mendocina</i>            | Poaceae          | <i>Neobouteloua lophostachya</i>     | Poaceae        |
| <i>Aristolochia argentina</i>        | Aristolochiaceae | <i>Opuntia ficus-indica</i>          | Cactaceae      |
| <i>Aspidosperma quebracho blanco</i> | Apocinaceae      | <i>Opuntia quilimo</i>               | Cactaceae      |
| <i>Atriplex argentina</i>            | Chenopodiaceae   | <i>Opuntia sulphurea</i>             | Cactaceae      |
| <i>Boehreria sp.</i>                 | Nyctaginaceae    | <i>Pappoforum subbulbosum</i>        | Poaceae        |
| <i>Bouteloua aristoides</i>          | Poaceae          | <i>Passiflora mooreana</i>           | Passifloraceae |
| <i>Bulnesia bonaerensis</i>          | Zygophyllaceae   | <i>Phoradendron hieronymi</i>        | Santalaceae    |
| <i>Bulnesia foliosa</i>              | Zygophyllaceae   | <i>Pithecoctenium cynanchoides</i>   | Bignoniaceae   |
| <i>Bulnesia retama</i>               | Zygophyllaceae   | <i>Plectocarpa tetracantha</i>       | Zygophyllaceae |
| <i>Capparis atamisquea</i>           | Capparidaceae    | <i>Portulaca grandiflora</i>         | Portulacaceae  |
| <i>Capsicum chacoensis</i>           | Solanaceae       | <i>Portulaca oleracea</i>            | Portulacaceae  |
| <i>Castela coccinea</i>              | Simaroubaceae    | <i>Prosopanche americana</i>         | Hydnoraceae    |
| <i>Cenchrus ciliaris</i>             | Poaceae          | <i>Prosopis abbreviata</i>           | Fabaceae       |
| <i>Cercidium praecox</i>             | Fabaceae         | <i>Prosopis chilensis</i>            | Fabaceae       |
| <i>Cereus aethiops</i>               | Cactaceae        | <i>Prosopis flexuosa</i>             | Fabaceae       |
| <i>Cereus forbesii</i>               | Cactaceae        | <i>Prosopis nigra</i>                | Fabaceae       |
| <i>Chloris ciliata</i>               | Poaceae          | <i>Prosopis reptans</i>              | Fabaceae       |
| <i>Cleistocactus baumani</i>         | Cactaceae        | <i>Prosopis sericantha</i>           | Fabaceae       |
| <i>Clematis montevidensis</i>        | Ranunculaceae    | <i>Prosopis torquata</i>             | Fabaceae       |
| <i>Commelina erecta</i>              | Commelinaceae    | <i>Salicornia perennis</i>           | Chenopodiaceae |
| <i>Condalia microphylla</i>          | Rhamnaceae       | <i>Schinopsis quebracho colorado</i> | Anacardiaceae  |
| <i>Cordobia argentea</i>             | Malpighiaceae    | <i>Senna acanthoclada</i>            | Fabaceae       |
| <i>Cressa nudicaulis</i>             | Convolvulaceae   | <i>Senna aphylla</i>                 | Fabaceae       |
| <i>Cucurbitella asperata</i>         | Cucurbitaceae    | <i>Setaria leucopila</i>             | Poaceae        |
| <i>Cyclolepis genistoides</i>        | Asteraceae       | <i>Solanum chronotrichium</i>        | Solanaceae     |
| <i>Digitaria californica</i>         | Poaceae          | <i>Sporobolus phleoides</i>          | Poaceae        |
| <i>Echinopsis leucantha</i>          | Cactaceae        | <i>Sporobolus pyramidatus</i>        | Poaceae        |
| <i>Erhetia cortesia</i>              | Boraginaceae     | <i>Stetsonia coryne</i>              | Cactaceae      |
| <i>Geoffroea decorticans</i>         | Fabaceae         | <i>Sthruanthus angustifolius</i>     | Loranthaceae   |
| <i>Gonphrena martiana</i>            | Amaranthaceae    | <i>Suaeda divaricata</i>             | Chenopodiaceae |
| <i>Gouinia paraguayensis</i>         | Poaceae          | <i>Tabebuia nodosa</i>               | Bignoniaceae   |
| <i>Grabowskia duplicata</i>          | Solanaceae       | <i>Talinum polygaloides</i>          | Portulacaceae  |
| <i>Grahamia bracteata</i>            | Portulacaceae    | <i>Tamarix ramossissima</i>          | Tamaricaceae   |
| <i>Gymnocalicium delaetti</i>        | Cactaceae        | <i>Tephocactus articulatus</i>       | Cactaceae      |
| <i>Gymnocalicium ragonesei</i>       | Cactaceae        | <i>Tessaria dodonaeifolia</i>        | Asteraceae     |
| <i>Gymnocalicium schickendanzii</i>  | Cactaceae        | <i>Tillandsia hieronimi</i>          | Bromeliaceae   |
| <i>Gymnocalicium stellatum</i>       | Cactaceae        | <i>Tillandsia cordobensis</i>        | Bromeliaceae   |
| <i>Harrisia pomanensis</i>           | Cactaceae        | <i>Tillandsia durantii</i>           | Bromeliaceae   |
| <i>Heliotropium johnstonii</i>       | Boraginaceae     | <i>Tillandsia hieronimii</i>         | Bromeliaceae   |
| <i>Heterostachys riterriana</i>      | Chenopodiaceae   | <i>Tillandsia rectangula</i>         | Bromeliaceae   |
| <i>Ipomea sp.</i>                    | Convolvulaceae   | <i>Tillandsia xiphioides</i>         | Bromeliaceae   |
| <i>Jatropha macrocarpa</i>           | Euphorbiaceae    | <i>Tribulus terrestris</i>           | Zygophyllaceae |
| <i>Justicia echegarayii</i>          | Acanthaceae      | <i>Trichloris pluriflora</i>         | Poaceae        |
| <i>Justicia xylosteioides</i>        | Acanthaceae      | <i>Trichoris crinita</i>             | Poaceae        |
| <i>Larrea cuneifolia</i>             | Zygophyllaceae   | <i>Trycicla spinosa</i>              | Nyctaginaceae  |
| <i>Larrea divaricata</i>             | Zygophyllaceae   | <i>Tricomaria usillo</i>             | Malpighiaceae  |
| <i>Ligaria cuneifolia</i>            | Loranthaceae     | <i>Twedia brunnonis</i>              | Asclepiadaceae |
| <i>Lippia salsa</i>                  | Verbenaceae      | <i>Ximenia americana</i>             | Olacaceae      |
| <i>Lippia turbinata</i>              | Verbenaceae      | <i>Zephyranthes mesochloa</i>        | Amarillidaceae |
| <i>Lycium spp.</i>                   | Solanaceae       | <i>Zizyphus mistol</i>               | Rhamnaceae     |
| <i>Maytenus spinosa</i>              | Celastraceae     |                                      |                |



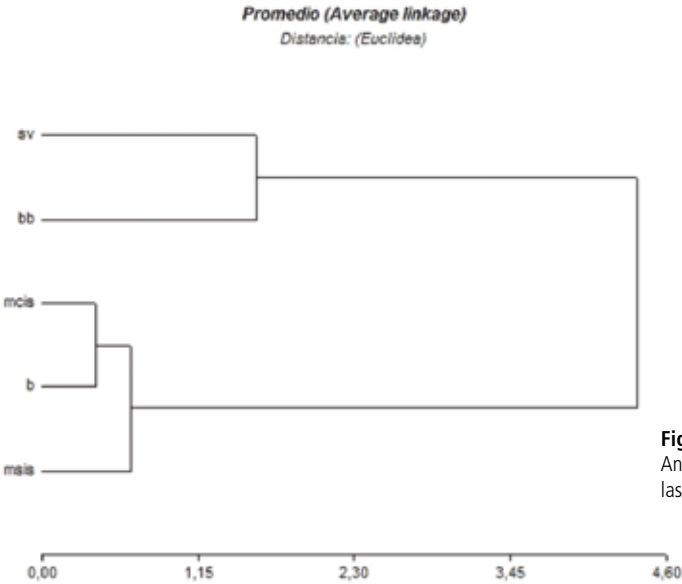
**Figura 1.**  
Fenología por sub-ambiente (líneas) y precipitaciones (barras horizontales) de la temporada 2007-2009 (Letras diferentes muestran diferencias significativas, LSD Fisher,  $\alpha=0,05$ ).



**Figura 2.**  
Fenología por familia (líneas) y precipitaciones (barras horizontales) de la temporada 2007-2009 (Letras diferentes muestran diferencias significativas, LSD Fisher,  $\alpha=0,05$ ).



**Figura 3.** Conductividad eléctrica de suelos de distintos sub-ambientes en época seca (blanco) y húmeda (gris).



**Figura 4.** Análisis de conglomerados en función a las variables fenológicas.

# Social reproduction strategies in communities from dry saline areas

MARCOS KARLIN\*, GERMÁN CASTRO, ULF KARLIN

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

\*Email: mkarlin@agro.unc.edu.ar

## ABSTRACT

*Agricultural expansion produced an alteration in the distribution, size and juridical situation in the productive units of the country, but especially at marginal areas. These circumstances, added to social and ecological situation generates difficult conditions for small farmers. Therefore, existing communities in these areas are forced to adopt new social reproduction strategies that allow them to adapt to the modified structural conditions. This paper analyze three communities of small farmers at southeast of the Province of Catamarca (Argentina). Organizational, productive, economical and ecological aspects of the communities were investigated, trying to understand the rationality and surviving strategies inserted in the national social and economical reality, and in the social and productive history of the area. It is necessary for institutions to take major commitments with communities, allowing their participation and empowering in development programs, adopting a multilinear vision, making integrated and participatory diagnosis and working in an interdisciplinary frame.*

*Key words: communities, land, natural resources, saline areas, small farmers, strategies.*

## RESUMEN

La expansión de la agricultura produjo una alteración en la distribución, tamaño y situación jurídica en las unidades productivas del país, pero especialmente en áreas marginales. Estas circunstancias, sumadas a la situación social y ecológica generan condiciones difíciles para los pequeños productores. Por esto, las comunidades existentes en estas áreas están forzadas a adoptar nuevas estrategias de reproducción social que les permita adaptarse a las condiciones estructurales modificadas. Este trabajo analiza tres comunidades de pequeños productores al sureste de la Provincia de Catamarca (Argentina). Se investigaron aspectos organizacionales, productivos, económicos y ecológicos de las comunidades, tratando de entender la racionalidad y las estrategias de supervivencia insertas en la realidad social y económica nacional, y en la historia social y productiva del área.

Es necesario que las instituciones involucradas tomen mayores compromisos con las comunidades, permitiéndoles su participación y empoderamiento en los programas de desarrollo, adoptando una visión multilinear, realizando diagnósticos integrados y participativos y trabajando de forma interdisciplinaria.

Palabras clave: áreas salinas, comunidades, estrategias, recursos naturales, pequeños productores, tierra.

The agrarian structure in Argentina suffered important changes in the last years due to modifications in productive, economical, social and juridical aspects. Agricultural expansion produced an alteration in the distribution, size and juridical situation in the productive units of the country. This generated that the existing communities at marginal areas, where capitalist agriculture settled, have been pressed by the particular interests of the new agrarian enterprisers arrived to this areas, locking them around, annexing them into the new production units or displacing them from their lands. This is why small farmers are forced to adopt new social reproduction strategies (Bourdieu, 2006; Ngugi & Nyariki, 2005; Chiarulli *et al.*, 2003; Campbell *et al.*, 1997) that allow them to adapt to the modified structural conditions, occasionally applying these in accelerated and violent ways. Depending on how these strategies are carried out, strategies may bring benefits or prejudice to the communities.

Many programs that assist small farmers develop action lines that tend to be unidirectional. Due to the lack of interdisciplinary teams, when social and economical diagnosis are analyzed, we see that many changes produced by new structural conditions are not integrated into these, not taking consideration of every aspect in the lives of local settlers.

This paper analyze three communities of small farmers at southeast of the Province of Catamarca (Argentina), based on a diagnosis made by the *Agrarian Social Program* (Programa Social Agropecuario) in the framework of formulation of development projects for the area. Organizational, productive, economical and ecological aspects of the communities were investigated, trying to understand the rationality and surviving strategies inserted in the national social and economical reality and in the social and productive history of the area.

## MATERIAL AND METHODS

The communities under study were El Puesto (29°10'S - 64°49'W), La Suerte (29°09'S - 64°47'W) and El Milagro (29°07'S - 64°48'W). These communities are situated aside the National Route N°12, at 35 km from Recreo, the nearest city. The study area is about 10,200 ha. Localities are situated in the Salinas Grandes – Salinas de Ambargasta ecotone (Figure 1).

An endogen rapid rural diagnosis was made (Coirini & Robledo, 1999) with semi-structured interviews to each family and non structured interviews to key informants, revealing the social and economical situation of the 100% of the local population. Productive problems of the communities were discussed and analyzed in participatory workshops. Participative non structured observations were made (Yuni & Urbano, 2000) of the housing and productive infrastructure (dams, corrals, etc.). A community mapping was organized in order to recollect information about natural resources, identifying water sources, grazing and forest environments. Satellite images from Landsat 7 ETM+ (June 20<sup>th</sup> 2002, and January 30<sup>th</sup> 2003) were used for the confection of a resource map (CIFOR, 2004).

Additional information was recollected from previous official censuses, related bibliography, graphic material (photographs and maps), in order to triangulate information (Coirini & Robledo, 1999). Cadastral data of the area was obtained allowing us to analyze the juridical situation about the land tenure of the communities.

Plant surveys and general observations of the land were made. Cattle carrying capacity was determined to establish grazing pressure. Water quality was determined from water sources, obtaining salts and arsenic contents.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Theoretical framework

#### Strategies definition:

The modification of structural conditions in the last decade deepened social differences in the country, impacting on family needs and the way of satisfying these. There is an adoption of new practices in the way in which small farmers try to insert themselves into society.

In order to subsist in the new social-political map, settlers need to count with *survival and adaptive strategies*, defined by Bartolomé (2000) as

“a set of procedures, patterns in the selection and utilization of resources, and evidenced tendencies in the choice of alternatives, that a determined social unit manifests along the process for the satisfaction of their basic needs and for the confrontation of external pressures”.

Bourdieu (1979) define these as

“the set of practices phenomenally different, in which individuals and families tend, in a conscientiously or unconscientiously way, to conserve or increase their patrimony, and correlatively to maintain or better their position in the structure of class relationships”.

According to Chayanov (Posada, 1993; Bernstein, 2009), peasants tend to maintain stable their social condition by cultural conceptions given historically and tending to equilibrium. However in most cases we can not affirm that a family tends to aspire as ideal to a social and economical situation in which basic subsistence conditions can hardly be reached. This theory is linked to Bourdieu's concept of *habitus*, defined as the objective condition imposed along individual and collective trajectories (Gutierrez, 2005).

#### Historical component as evidence of change:

Man adopts for himself certain elements from the background which determines their culture and history. But he does not construct it in an unaltered way as Bourdieu (1979) say:

“Structuring structure, which organizes the practices and perception of these practices, *habitus* is also structuring structure”.

According to Bourdieu, this notion implies that action rationalities are always limited rationalities, because social agent is socially limited (Gutierrez, 2005). On the opposite, Giddens (1984) say that

“structure as a ‘virtual order’ of transformative relations, means that social systems, as reproduced social practices, has no ‘structures’ but ‘structural properties’, and that a structure exists as a spatial-temporal presence, only in their actualizations in these practices and as mnemonic tracks that orient the conduct of human agents. This prevents to imagine that structural properties present a hierarchical organization in terms of spatial-temporal extension of the practices that they organize recursively”.

History shows that the process is dynamic, altering in a violent or gradual way the positions in the social space, and therefore, altering *habitus*. The aspiration of certain social agents to gain status and better themselves is the motor that impulse personal overcoming. The point is that, according to the previous analysis, *habitus* is not that unalterable as Bourdieu affirm, and a professional that pretends to help overcome certain aspects of poverty, can not be limited to Bourdieu's "autosocioanalysis" (Bourdieu, 1979).

Knowing the historical process that lead to actual conditions is of maximal importance in order to understand how changes occurred in time and how certain structural aspects can be modified.

### Modification of the structures:

The structuring at which social agents are exposed would be determined by external factors to their action possibilities, and not entirely by culturally adopted characteristics. Most of the conditioning of social agents for not being able to move in the social space is due to politics against poverty (Lo Vuolo *et al.*, 1999), such as "official politics" that evolved in the neoliberal era (Borras, 2009).

Many technologies applied in the area by governmental agencies contribute to generate dependency. However, with appropriate technical support and capacitating, local population gains "liberty in action". Sen (in Chiarulli *et al.*, 2003) says:

"To overcome poverty it is necessary to assure first of all that people constitute as human beings. From this perspective, it is not supposed that people have free will to choose from certain amount of resources. First, there is the need to assure that everybody has access to that amount of resources, in order to let them make the choice".

When Bourdieu imagines the social space "in the paper", he takes as variables different types of capital to set the agents in it. He does not incorporate structural politics that submerge social actors into poverty, and as Scoones (2009) says, politics and power must be central to livelihoods perspectives for rural development.

According to Parsons (Rocher, 1972),

"the cultural model impose the actor to make elections, opinions, and produce elements of judgment that force him to take position, letting aside conducts to favor another type of conduct. The guided action by values is necessarily a choice and a reject, an orientation to something and a leaving something else, a yes and a no. Therefore, duality and contradiction are set in the heart of their values".

With this, Parsons wants to say that cultural capital is at the time structuring and liberating, because it sets an individual in the social space, however it lets him reason and overcome himself by means of learning. The "new" Bourdieu propose the same, in some way, but he does not clarify which is his action freedom. Also he contradicts in some of his affirmations (Bourdieu 1995, in Bourdieu and Wacquant, 1995):

"*Habitus* is not destine... Being product of the history it is an open system of dispositions faced to new experiences and, in consequence, affected incessantly by them".

Parsons (Rocher, 1972) divide in four the system of social action: “the biological organism correspond to a function of adaptation”, lets say, an individual is capable to conform a new situation (or a new position in the social space); “the psychic personality respond to the function of prosecution of ends”, a person fix objectives permanently, mobilizing resources and energy in order to achieve them; “the social system represents the function of integration”, creates networks, propose loyalties, fix limits, impose coactions; “culture assimilates to latency function”, therefore gives the motivation elements to overcome themselves. Parsons describe the dynamic of the social subject according to the necessity of reproduction.

### **Intervient variables in the study area**

#### **History:**

As we said before, small producers in the study area are set in a social space, in part due to their historical trajectories. Therefore, to understand certain local cultural and economic practices it is necessary to analyze the recent history.

In the beginning of 1900 salt exploitations needed manpower, and this attracted settlers into the area.

Also in early XX century, appropriation and exploitation of the wood resources accelerated, and the extraction of firewood and vegetal charcoal was made for the railroads. Wood extraction declined abruptly during the decade of 1950, due to forestry products exhaustion. Since 1950, the woodlands experienced some recovery, but diminished in quality.

Due to forest degradation, local population was forced to seek for new economical strategies, so goat production grew, degrading the grazing stratum mainly because of bad management of the resources, diminishing tree regeneration, and exhausting the soil. However, until the eighties, local populations were not pressed by the agricultural expansion, so physical limits in the exploitations were not defined in most cases, allowing them to use larger areas for economical reproduction.

Pampean area, due to its ecological characteristics and social - economical structure, constitutes as the main focus of national policies, consolidating into the national agrarian - exporting model. This means the beginning of regional inequities that sharpened in time; while Pampean area accumulates wealth and power in a process of capitalist modernization, the rest of the regions of the country suffered a growing pauperization (Visintini *et al.*, 1992). Institutions focused in Pampean area, assigning investigation and “extension” for the farmers of this region, ignoring the rest of the productive areas.

The low price values of lands in marginal areas allowed enterprisers to buy these, exploiting natural resources until productivity decline, selling it later at a higher price because of the installation of land improvements.

Small producers that stand in their lands, which do not have defined limits, begin to be threatened by the lack of legal surety and by their lands enclosing, diminishing the grazing area and forestry extraction, with the consequent decrease of land incomes.

Currently, Pampean area, which traditionally dedicated to agriculture and extensive ranch cattle raising, is displacing the agricultural frontier, so cattle production sets in these marginal areas, leaving the most fertile soils of the Pampas for crop production.

Historical relation between small farmers and enterprises in these areas has always implied conflictive situations, specially in aspects related with land tenure and manpower exploitation.

These facts set local population in a vulnerable position in the social space, forcing them to seek for alternatives.

### **Political location, juridical situation and size of the exploitations:**

Studied communities belong, according to existing political maps, to the Province of Santiago del Estero. San Bernardo saline would mark the limit between the Provinces of Catamarca and Santiago del Estero (Figure 1). However, in 1980 a land division was made into parcels at the east of San Bernardo saline, having Catamarca appropriated them, and granting it to some local families of the mentioned communities. Some titles were guaranteed and were inscribed in the local cadastral register. But some other families do not have land titles, being confused the position taken by these families over tenancy, some considering owners, others refer to themselves as land occupiers, and others never clarified their situation. Standing over the new political situation of the region, the three communities belong now to the Province of Catamarca, Department of La Paz, giving the settlers the possibility of obtaining some "benefits" like food and working subsidies, sporadic medical assistance and potable water brought by tank trucks.

Most of the visited lands correspond to *non defined limit exploitations*, occupied by the figure of *small farmers* (Posada, 1993; Karlin *et al.*, 1994), where the grazing and browsing area is wider than people argument they own or let them use. There exists an overlapping use among the lands with several "word agreements" between settlers and the owners of the big exploitations surrounding their lands. Most of the entitled lands are of undivided succession, it means that family members live in the same parcel without limits among them, conforming communal lands.

Some communal lands are being annexed into lands bought by enterprises (Karlin *et al.*, 1994) generating social conflicts. Enterprisers wire their possessions, reducing the grazing area for small farmers' animals (Ngugi & Nyariki, 2005; Ruiz Posse *et al.*, 2007) and reducing the area for forestry use by the communities (Ruiz Posse *et al.*, 2007).

The population density (53 inhabitants living in a 102 km<sup>2</sup> area) is very low (0,52 people/km<sup>2</sup>), probably due to the low offer of resources per surface unit and migratory processes (Nussbaumer, 2004). Wiring diminishes the resources access, accelerating migratory processes. 100% of young people between 18 and 35 years old have migrated to cities (mainly to Recreo) seeking for extrapredial work.

### **Geographic location and environmental resources:**

The area is located in the physical limit between Arid Chaco and Semiarid Chaco (defined by 500 mm isohyets), evidencing native vegetation changes. It is surrounded by the area of

Salinas Grandes at south, San Bernardo saline at the west and Ambargasta saline at the east (Figure 1).

The woodland vegetation is mainly xerophytic, mostly thorny (Karlin *et al.*, 1994; Gallo *et al.*, 2005). The local vegetation is typical of the Chaco Santiagueño, with presence of quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) as dominant tree species, but its spatial participation decrease to the west due to climatic conditions. A similar situation occurs to the east, but the cause of this is the indiscriminate exploitation. Other important tree species are quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) and algarrobo (*Prosopis aff. nigra*), mainly exploited for wood products. Mistol (*Zizyphus mistol*) is important as shadow for the animals, but their fruits are not employed for human consumption, like in other regions. Shrubby stratum is dominated by teatín (*Acacia furcatispina*), garabato (*A. praecox*), tusca (*A. aroma*), lata (*Mimozyanthus carinatus*), sombra de toro (*Jodina rhombifolia*) and brea (*Cercidium praecox*). The gramineous stratum is practically inexistent, with evidence of soil erosion as overgrazing indicator.

At the west of the area settles San Bernardo saline (Figure 1), an old river bed of Albigasta River. In this area, vegetation changes abruptly to a halophytic shrub land, with species like chilca dulce (*Tessaria dodoneaeifolia*), jumes (*Heterostachys ritteriana*, *Allenrolfea* spp.) and cachiyuyo (*Atriplex argentina*). This environment has plenty plant species useful for cattle, and has a high beekeeping potential.

The study area is settled in an ecological transition, offering the local communities a major diversity in space and time, which could reduce the impact of human exploitations over the environment (Turner *et al.*, 2003). However, wire fences reduced the total area, maintaining the same extraction ratio; therefore, natural resources are highly degraded.

### Water resources and drought:

The main problem that affects settlers is water shortage, both for human and animal consumption. Annual rainfall average in the area is about 500 mm. The drought that affects the area since the year 2003, provoke that existing dams remain waterless earlier in the dry season, existing four or five months period in which families that own water holes, must extract the infiltrated water from the dams. Due to the presence of sandy soils in higher areas, high intensity and frequency of rains is necessary to generate water to run off and produce dams filling.

The scarce rainfall, plus the condition of the dams, which accumulates sediments at the bottom and occasionally present infiltration problems, forces the settlers to adopt several strategies to get the necessary water.

Water holes (of about 4 to 15 m depth) are mainly used for animal water supply. Some farmers manage to get regular quality water for their animals; no apt water has been found for human consumption.

Water holes identified as “good” water, correspond to infiltration water from the dams. These water holes are set inside or aside the dams. Those water holes set away from the dams, corresponding to underground water at little depth (4 to 6 m), have high saline,

sulphates and arsenic contents (Karlin, M., unpublished data), surpassing tolerable levels for animal consumption. Animals that consume this water present very low corporal conditions due to sulphates diarrheic effects and arsenic poisoning effects. Some settlers use quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*) stumps for the precipitation of sulphates because of tannin action.

The use of cacti as water source is rare; only two families adopt this strategy.

All these strategies are applied because of traditional knowledge, conformed by trials of analysis and error, transmitted verbally.

At El Milagro community, the animals graze a wide area that exceeds the defined limits of the exploitations, reaching the saline coast of San Bernardo. It is important for animal survival the use and consumption of cacti as water source, abundant in this area, presenting acceptable corporal conditions and lesser mortality levels. The possibility of El Milagro animals to access this environment sets better corporal conditions and reproductive indexes. Animals of La Suerte community present more difficulties to reach this environment because the south area is wired, founding lower indexes than those of El Milagro.

To palliate the scarcity of water, settlers are forced to buy water from Recreo in order to mix it with the local water, so they can give it to their animals. The cost for transportation of water is about U\$S 145 per trip, due to the condition of the National Route N°12. Settlers hire the "service" twice a week.

The presence of saline areas alters water quality. Based on local information, the underground water at east and south of San Bernardo saline is no good, while at west and north of this area would be of better quality. Boring experiences at 150 m have been reported, but with no success of having found apt water.

Normal dry season (winter and spring time) is particularly negative due to the scarcity of water both for human and animal consumption. The concentration of salts in the available water and the grass shortage manifests in higher animal mortality. The higher grazing pressure, due to lesser available biomass and because settlers does not sell animals in order to lower animal load over the lands, makes that the system naturally regulates with a higher animal mortality. Also lesser amount of grass reduces or cuts the milk production for calves and kids, another important source for the animal survival.

### **Social economical characterization of the area:**

In the communities of La Suerte and El Milagro the main activity is cattle production, while in the community of El Puesto the main activity is charcoal production.

The totally (13) of the families living in the study area makes extensive cattle production, 12 families have at least one cow, and only 3 families raise sheep. Cows, in those cases when it does not constitute the main predial income, becomes a fundamental issue as a reserve that can be activated in some opportunities, being an extra source of incomes in moments of necessity (Alasia de Heredia, 2003). All families raise goats.

Only 4 families are charcoal manufacturers. In these cases, one of the adopted strategies is the transformation of wood into charcoal, because wood has low demand at the markets.

The wood/charcoal relation is of 4:1 (in the transformation process, for every four parts of wood it can be obtained one part of charcoal). Selling relation is also of 4:1 (charcoal price value is four times the wood price value) implying that manpower is not compensated.

Predial incomes in 2005-2006 campaign, constitute an average of U\$S 976 per family per year (Table 1), being this insufficient for a family maintenance of four people, so it is necessary to consider the extrapredial incomes, being added to predial incomes. For extrapredial incomes are considered public employees salaries, pensions, social subsidies or transitory works, in order of symbolic valuation (status) assign by local people.

Selfconsumption incomes constitute, in average, a 7,80% of total incomes, a low value compared to other cases observed in the Salinas Grandes region (Cavanna *et al.*, pers. obs.), with average values of 20%. Hunting activities and other uses of native vegetation has not been quantified due to the difficulty in the systematization and the temporal variability.

Because animal management and the assuming of the production costs is realized by family groups inside communal farms, where the tasks and predial incomes are distributed between the members of the community, the economical analysis has to be made in base of the communities and not the families. By making this analysis in relation to each family, some predial incomes become negative and the analysis has no logic (Eerkens, 1999).

The declared land area use, summing all cases, is about 3620 hectares (Table 1), however, according to total amount of Cow Equivalents (CE), animal load would be of 3,60 has/CE, a physically impossible situation considering carry capacity estimations of the region (Karlin, M., unpublished data). For all this, if we take the whole area surface, including neighboring lands and San Bernardo saline, declared by the settlers as the total grazing area, we obtain 10,200 has, which gives us an animal load of 10 has/CE, a closer situation to reality. The use of communal lands and even the use of neighboring lands constitute a social reproductive strategy of local families. The overlapping animal grazing between each community land, avoids forage underutilization in areas far away from sacrifice areas.

If we compare El Milagro with La Suerte, we observe better economic indexes in the first one, probably due their access possibility to San Bernardo saline, improving productive and reproductive indexes of animals. In the other communities, the access to this environment is unable by the presence of wire fences at south of this saline. In fact, total costs are lesser in El Milagro than La Suerte, where the cost of water buying is considerable. In El Puesto, total productive costs are practically inexistent because the main income production is charcoal and there is practically no water buying for the animals.

Despite the relative proximity of the communities to Recreo, the bad state of the National Route N°12 (Figure 1) marginalized them from some benefits and basic rights. To get from Recreo to La Suerte (35 km) the circulating trucks (water tanks trucks, goat and charcoal buyers, etc.) take at least two hours, so it difficult families possibilities to negotiate better prices for their products, and certain basic needs as potable water. The road situation has been identified by settlers as one of the most important problems to affront, in third place behind water and grass scarcity. The efforts to reclaim to the authorities for the road have been unfruitful.

If we analyze the economical indexes we find relatively high values of man equivalents per family, but this is because every member of the family work, including children and old men. However the most productive manpower (people between 18 and 35 years old) migrate making that children's, old men's and women's work increase its intensity. This is related to the amount of surface assigned to each man equivalent, being higher in El Puesto where the main activity is charcoal production, and where cattle production, which requires more manpower, is practically inexistent.

Total family incomes obtained per declared surface is relatively high (attending to potential characteristics of the study area) probably due to a higher grazing area, specially in El Milagro where animals graze in a wider surface.

The last index adduces to a capital rate; how much the capital repays their owners. The mean value is 7,70% which is acceptable, but this is a tricky value because incomes are being produced in wider areas (specially in El Milagro), so probably this value should be lower.

### **Productive activities:**

Poverty situation of communities is reflected in the state of natural resources. It is evident the grass shortage by overgrazing and water scarcity. Besides, tree stratum is found diminished by wood extraction, observing bushes dominancy that competes with trees and grass. Grass and water shortage were identified by settlers as the main problems. The results are reflected in productive indexes: high animal mortality and great diseases incidence, having in some cases up to 50% mortality. Some times potable water is delivered to the animals in order to avoid its great mortalities.

The use of different ecological areas makes that resources condition maintain between acceptable limits, due to the differentiated offer along the year. Settlers identify this differential use strategy as the main key for their economic reproduction.

Another poverty indicator is the presence or absence of cows in the farms. In La Suerte and El Milagro there is an important amount of cows, while in El Puesto the non tenancy condition and the bad situation of grazing stratum does not allow cattle raise.

Some products are destined for selfconsumption like sheep, pigs and poultries. In some cases there exists prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) production, but the plants occasionally are in bad condition and the fruits are used for minor cattle feeding. In some cases, the pads are used as water source for sheep. Animals are maintained with native forage, grazing and browsing in a 5 km range from the dams. Hay or maize grain buying for the animals as supplement is rare.

In dry season, settlers give the animals a mixture of water from the wells and water bought from Recreo in a 1:2 relation. There is great incidence of navel infection and brucellosis in the goat folds, with consequently mortality of kids. There exists a great incidence of queratoconjuntivitis, so it is necessary to give the animals water from ucle "branches" (*Cereus forbesii*), a native cactus. Sanitarian problems are of great incidence in cattle, due mainly by the lack of capacitating programs for farmers.

Kid births are naturally regulated and have no defined periods, so it facilitates the distribution of caring tasks along the year and permit to count with products to sell in a distributed

way. The absence of seasonality in animal production, mainly regulated by grass and water availability, is of great importance. This stage production makes that animal selling generates well distributed incomes along the year.

In this area, charcoal generates U\$S 195 revenue per month and per family, but this value must be reduced by transportation and commercialization costs. This activity is actually in an uncertain situation due to the new forestry laws, which demands a series of requirements, representing for manufacturers several costs that surpass the obtained benefits. This is why many family heads choose to be temporary workers working in other people's charcoal manufacturing, avoiding expenses and receiving net gains.

Any other type of agricultural activity is inexistent, except for the incipient prickly pear production and mesquite (*Prosopis* spp.) fruits recollection, due to water scarcity and its bad quality for irrigation. Mesquite fruits production is erratic. So, in 2005-2006 season, production was abundant, but resulted in vain and sun burned fruits. Is rare the manufacture of regional products like boiled must and jam. The few manufactured products are destined for self consumption.

### Social indicators:

The measured poverty indexes in the studied communities were (INDEC, 2001):

- Overcrowding: more than three people per room.
- Housing: precarious houses
- Sanitarian conditions: no toilet.
- Scholarship: children assistance to school.
- Subsistence capacity: homes with 4 or more people per occupied member and whose family head has low education level.

According to this, the studied area has a 100% of the population with some *unsatisfied basic necessity*. 100% of the families present some overcrowding level, live in precarious housing or have no toilet with water discharge.

62% of family heads have incomplete primary school, 15% have complete primary school and only 8% assisted but not finished preparatory. A 15% never assisted school. There is a primary school in the area where the 100% of children with 14 years or lesser age assist.

Inquiries show that family manpower constitutes an important capital for social reproduction, using children and old men work in order to raise this capital.

Almost all family heads that live and work in local exploitations have no permanent work, and some work temporarily in the city. It is very common for young people (about 20 years old), to work in charcoal manufacturing. No extra familiar manpower is hired for cattle production, in opposition to charcoal manufacture. Many young people settle in the city, hoping to finalize preparatory and to find better jobs (Nussbaumer, 2004).

Despite communities have organized for water buying, there are no antecedents of joint actions in order to obtain other benefits.

Land possession also influences economic conditions of the families. Those who have no land tenancy present the lower economic indexes and lower total capital.

There is between El Puesto y La Suerte a sanitarian post, which has never been used and is in the present occupied by a family. Other available services are electric light, thanks to the installation of a gas plant nearby the area.

Communities are sporadically visited by province's development programs, which installed new infrastructure without local diagnosis and distribute food subsidies.

### **Involved actors and social relationships:**

Besides small farmers, other actors intervene in social relationships. These are development programs who adopt development models which not always adapt to population needs. Local environmental authorities apply laws for natural resources conservation, limiting in most cases the subsistence of the population by means of forestry exploitation. Other governmental organisms use part of the budget for infrastructure works (many times without a previous diagnosis about the situation) and designate subsidies during election time, in order to gain electors.

These actors play a fundamental role in the relations with small farmers because they modify (for good or bad) the reproduction strategies of the communities.

The relationship between families and between communities is essential, generating an important flow of information and goods, which is deteriorated due to the occurring changes in the familiar structure by migration (Nussbaumer, 2004). An example for this is the loss of popular knowledge.

It is common for women to administrate incomes, assigning it to their sons' wealth and alimentary security. They dedicate their time mainly to house keeping, being peridomestic area their action range, and being helped by their children. They also take care of the goats, being the corrals and wells near the house.

### **Analysis of the intervenient variables**

#### **Strategies importance:**

The historical and structural conditions we mentioned force local population to adopt reproduction strategies (Table 2). It is clear that power relations are acting here, mixed with juridical, political, social, economical and ecological aspects.

We can classify strategies according to a level of "consciousness" (conscious or unconscious) as Bourdieu (1979) says, and according to an "impact" level (positive or negative). Almost every adopted strategy has a conscious application, however, some of these are not strategies in a strict sense, because are not applied directly by people, but as forced regulations, as happens with the decrease of population density and animal mortality.

Strategies tend to be in almost every case positive; however the application of some strategies, despite these can solve some urgent problems, constitute in the long term as negative issues. We are talking about some subsidies that generates dependency, migration and the use of children and old men manpower.

The correct use of natural resources should be related to land tenancy and exploitation. It is obvious that a lesser exploitation area produce a higher pressure over it. This is why the

adjudication of small land parcels to each family as a commitment solution by the government, is totally harmful. The identification of use capacity and exploitation strategies is fundamental to avoid the degradation of the ecosystem with the application of management practices suitable for each particular case.

Wire fences limit cattle circulation, generating higher grazing pressure. Public land occupation by private enterprises rest the communities foraging areas for carry capacity regulation that could act as pressure valves in the dry season. These lands identified as marginal, allow the settlers to make animal grazing rotations along the year, counting with forage especially in winter time.

Adjusting to the diminished grazing area, one of settlers' strategies is to elevate global incomes (Chiarulli *et al.*, 2003), based on predial and extrapredial incomes, or subsidies acquirement. Food production is not only important for selling and selfconsumption, but also for local exchange, allowing communities to establish exchange networks. Occasionally income rising is made in detriment of future productivity, decaying in time; some times global incomes rising is made destining more time to extrapredial tasks, forcing the families to migrate. This is why young people migrate to cities, contributing with a part of their salary to their families' total incomes.

Another adopted strategy is biological reproduction as a base for economical reproduction, in order to increase family labor capacity. This strategy was explained by Chayanov (Posada, 1993; Bernstein, 2009) arguing that family manpower is the base for the global incomes rising, not considering this as a cost but as an investment.

A very important strategy is the diversification of production and commercialization, buffering economical and environmental effects (Meyer Paz, 1992; Ngugi & Nyariki, 2005); however local settlers have limited possibilities to apply this strategy due to the lack of technical information, limited goods flows and restricted water availability.

The present national economic system force these farmers to maximize production efficiency, in an area of relative scarcity and highly degraded lands, obstructing social reproduction and producing high migration levels to urban areas in order to seek for complementary incomes, with the consequent lesser rural work time availability and lesser active manpower (people from 18 to 60 years old), generating a vicious circle.

The need to count with extrapredial incomes and the consequent migration to cities or to charcoal manufactures diminishes the dedication time for predial activities, reducing the possibility to diversify the productive system and reducing social relationship time, cutting information fluxes and the multiplication of popular knowledge (Nussbaumer, 2004).

Small producers adopted in the last years some consuming habits dragged by globalization culture, fragmenting even more their social structure. According to this, some adopted technologies generated for the Pampean region are not adapted or appropriated for the ecological and cultural dimensions of the rural worker in this area, helping to generate dependency and to deteriorate the scarce natural resources available.

Chiarulli *et al.* (2003) says,

“A good part of the structural uncertainty that characterized their historical and present conditions of life and social reproduction could not be understood but as a consequence of the structural process of a deficitarian citizenship, so throughout history and under certain aspects even actually, poor rural families exist and subsist ignored by the formal juridical order in aspects of their rights (civilian, political and social), in their condition as land ownerships in which they work and live, in their condition of producers and consumers, in definitive, as free and independent citizens.

The “Welfare State” in Argentina tended to reproduce and accentuate the preexistent social differences and asymmetries. In this way, the extension of public services of health and education, house access and other services (potable water, nutritional balance, etc.), the extension of institutional mechanisms of security and social prevision in the process of industrialization – wage setting of manpower, were the processes in which the rural sector in general, and peasant sector of marginal regions particularly, only participated in a residual and fragmentary way, and consequently, have constituted a factor that produced migration to the cities as processes of proletarianization of poor rural families”.

These structural conditions that forced local population, and in general small farmers from marginal areas, are more powerful than the sum of all their capitals, setting them in an unsustainable position into the social space, forcing them to adopt survival strategies that can be positive or not. People’s initiative and local knowledge enhances resilience to shocks and stresses (Scoones, 2009), but sometimes this is not enough, because resilience limits are exceeded, therefore *habitus* collapse. In the long term livelihood change, people move from a resilient position in the social space to an unresilient one. The challenge is to do it the other way around in a joint way between local people and technicians that accompany this process.

### **Ecological capital:**

We want to make emphasis in the need to introduce with the rest of the capitals (economical, social, cultural and symbolic) the “ecological capital”, which can be taken as a portion of the economical capital. But the concept goes further, because it includes cultural and symbolic conceptions different than the ones we apply in the urban ambit.

Local settlers have an holistic conception of the environment, because they are aware that its degradation sets them irremediably to economical ruin; however structural conditions in which they are inserted are more powerful than the sum of their own capitals. The need of “surviving today”, limit the transmission of such capitals to their sons. It is demonstrated by Ingold (1996) in the discussion about the “ideal forager” (which would be free of cultural limitations, which acts exclusively in his own interest) and about the “*homo economicus*” (which is deviated from his real interest by his commitment with cultural norms in which he is inserted). Ingold takes the second position.

Rural workers also have an integral knowledge of biological and ecological dynamics integrating these into their social capital, through networks constituted with agrarian development

technicians. Because of this, it is important to make fully diagramed diagnosis integrated to available natural resources and popular knowledge. Is reasonably to expect that optimal strategies for the sustainable management of resources to be defined by local people better than anybody. However it is clear that the actual effective management strategies are informed by a set of totally different conditions. This natural structural contradiction in the organization of human society is the appropriate start point for anthropological deliberations about sustainable development (Hornborg, 1996).

Sustainable Development concept can be compared with the reproduction concept, not only of “ecological” capital, but also social, economical, political and cultural capitals. Politicians and technicians should have a wider concept than the classic “ecological” *Sustainable Development* concept, and should consider every situation in an integral way. An example for this are actual forestry laws, that struggle for the conservation of forestal resources, limiting its exploitation, leaving aside the necessity of surviving of many people who depends on these resources for their reproduction, like charcoal manufacturers and woodcutters, forgetting the historical facts that lead them to their former situation. There is no seeking for alternatives with settlers’ agreement.

## CONCLUSIONS

Structural conditions in which local settlers are involved, such as the inadequate use of the land due to tenancy irregularities or limited areas for productive activities, regulatory laws in the use of resources, the current state of the roads, the consequent commercialization costs and limited information flows, generate remarkable difficulties for social reproduction of the families. Such conditions restrict the liberty of action by local settlers and force them to adopt reproduction strategies that sometimes submerge them even more in poverty.

The inexistence of legal figures about communitarian land tenure, the application of “commitment solutions” by governments like expropriation and the distribution of land parcels to families or land division with wire fences, are nothing more than indicators that the made diagnosis were incomplete and there are no concrete solutions for these problems.

The limited flow of information and communication is central, because many identified problems would easily be solved with instruction and organization, not only between families, but also among communities and other institutions. It is important to promote and enforce communication channels among communities’ members, and between communities and other institutions.

Many NGO’s and development programs set mere economical lines of development, with the intention that settlers compete economically within the market, not having in mind the importance of local cultural richness, and not considering that there must be real actions to promote the overcoming of structural conditions. It is necessary for institutions to take a major commitment, allowing the participation and empowering of communities in development projects, generated in the framework of those programs, adopting a multilinear vision, working in an interdisciplinary way.

Agrarian technicians should first identify those positive strategies adopted by local population, then analyze and discuss every action option with local population in base of an adequate diagnosis so they can make their best choice over adaptive alternatives well suited to the actual local conditions. It is necessary to make in them a real “revolution of mind” so they can be able to make their own path in the everyday reality.

There are some working lines that must be redefined:

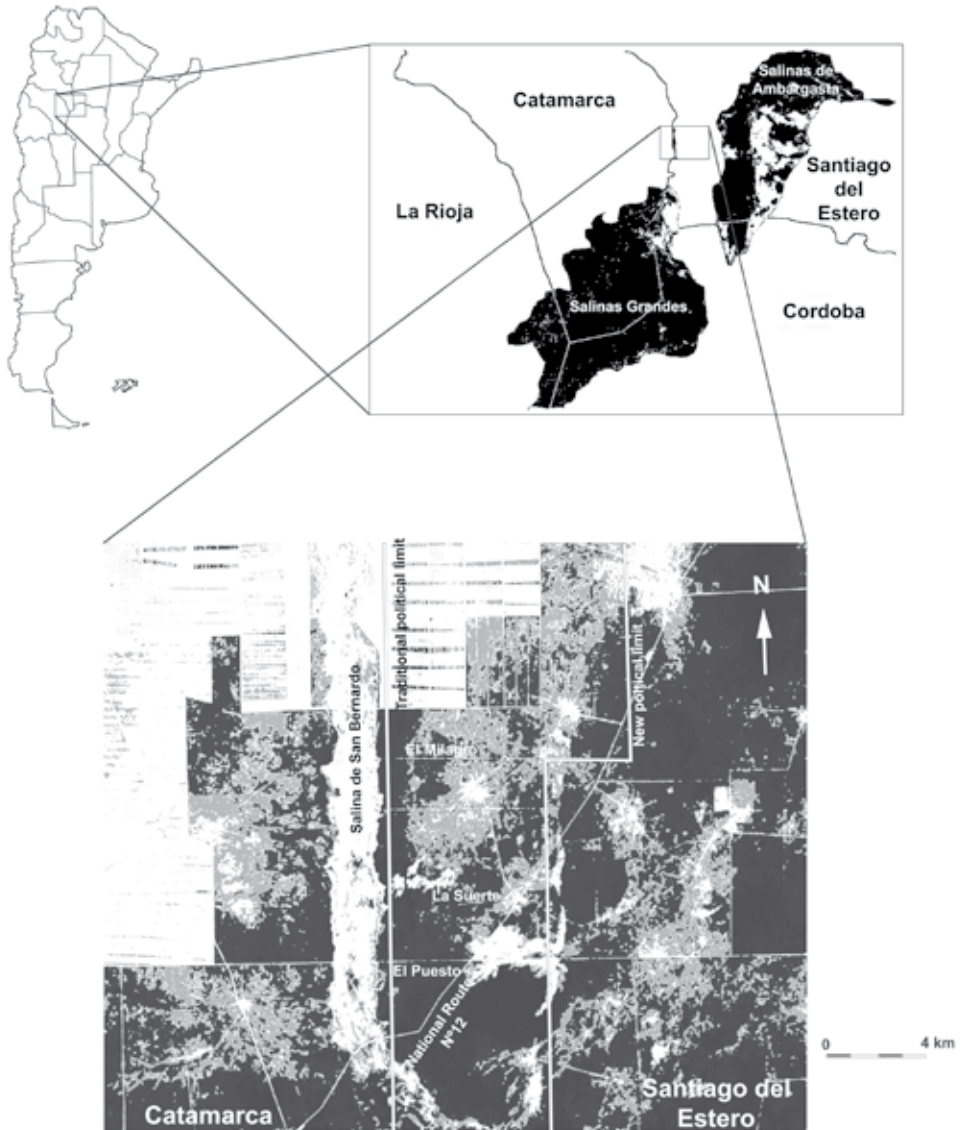
- Interdisciplinary and participative diagnosis.
- The definition of medium and long term politics integrated at national, provincial and municipal levels, with assured budget and a good interrelationship between these levels of application.
- On base of the diagnosis, an adequate knowledge and comprehension of social, economical and ecological dynamics is necessary.
- The incorporation of juridical aspects must be done for the correct understanding of the cited dynamics.
- Adjusting of positive adopted strategies.
- It is fundamental to capacitate technicians and small farmers over the local dynamics, giving them the necessary tools for development. Popular knowledge must be fomented through information fluxes between settlers.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

- Alasia de Heredia, B. M. 2003.** La morada de la vida. Trabajo familiar de pequeños productores del noreste de Brasil. Ed. La Colmena, Buenos Aires.
- Bartolomé, L. 2000.** Los colonos de Apostoles. Estrategias adaptativas y etnicidad en una colonia eslava en Misiones, Posadas, Argentina. Editorial Universitaria, Universidad Nacional de Misiones, Misiones.
- Bernstein, H. 2009.** V. I. Lenin and A. V. Chayanov: looking back, looking forward. *J. Peasant Stud.*, 36 (1), 55-81.
- Borras Jr., S. M. 2009.** Agrarian change and peasant studies: changes, continuities and challenges – an introduction. *J. Peasant Stud.*, 36 (1), 5-31.
- Bourdieu, P. 2006.** Campo del poder y reproducción social. Elementos para un análisis de la dinámica de las clases. Ed. Ferreyra Editor. Colección Enjeux, Córdoba, Argentina.
- Bourdieu, P. 1979.** La distinción. Criterios y bases sociales del gusto. Editorial Taurus, Madrid.
- Bourdieu, P. & L. Wacquant. 1995.** Respuestas, por una antropología reflexiva. Grijalbo, Barcelona.
- Campbell, B. M., P. Bradley & S. E. Carter. 1997.** Sustainability and peasant farming systems: Observations from Zimbabwe. *Agriculture an Human Values*.14: 159-168.
- Chiarulli, C., M. Simón, H. Machado, G. Soto & C. J. Vigil. 2003.** Cambiando el rumbo. Reflexiones sobre desarrollo sustentable de las familias de pequeños productores rurales argentinos. INCUPO – FUNDAPAZ – BePe – RAFCA – SUR. Reconquista.

- CIFOR, 2004. Explorando la biodiversidad, el medio ambiente y las perspectivas de los pobladores en áreas boscosas. Métodos para la valoración multidisciplinaria del paisaje. Centro para la Investigación Forestal Internacional, Bogor Barat, Indonesia.
- Coirini, R. & C. Robledo. 1999. Elementos de Diagnóstico Rural Rápido. In: UNER-CERIDE-UNC, *Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zonas húmedas* (pp.: 153-168). UNER-CERIDE-UNC. Entre Ríos-Córdoba, Argentina.
- Eerkens, J. W. 1999. Common pool resources, buffer zones, and jointly owned territories: hunter-gatherer land and resource tenure in Fort Irwin, southeastern California. *Human Ec.*, 27 (2), 297-318.
- Gallo, H. (Ed.) 2005. Regionalización socio productiva de la Provincia de Catamarca. Ministerio de Producción y Desarrollo, Gobierno de la Provincia de Catamarca. <http://www.produccioncatamarca.gov.ar/Publicaciones/contador.asp?id=2> Accessed 19 May 2006.
- Giddens, A. 1984. La constitución de la sociedad. Bases para la teoría de la estructuración. Amorrortu editores, Buenos Aires.
- Gutierrez, A. 2005. Pobre', como siempre... Estrategias de reproducción social de la pobreza. Ferreyra Editores, Córdoba, Argentina.
- Hornborg, A. 1996. La ecología como semiótica. Esbozo de un paradigma contextualista para la ecología humana. In: Descola, P. & G.Pálsson (Eds.), *Naturaleza y sociedad. Perspectivas antropológicas* (p. 60-79). Siglo Veintiuno Editores, Buenos Aires.
- INDEC, 2001. Necesidades Básicas Insatisfechas. Web page: <http://www.indec.gov.ar>. Accessed 5 April 2007.
- Ingold, T. 1996. El forrajero óptimo y el hombre económico. In: Descola, P. & G.Pálsson (Eds.), *Naturaleza y sociedad. Perspectivas antropológicas* (p. 37-59). Siglo Veintiuno Editores, Buenos Aires.
- Karlin, U., L. Catalán & R. Coirini. 1994. El Chaco Seco, Un Ambiente con Vocación Forestal. GTZ. Salta.
- Lo Vuolo, R., A. Barbeito, L. Pautassi & C. Rodriguez. 1999. La pobreza de la política contra la pobreza. Miño y Dávila Editores, Buenos Aires.
- Meyer Paz, R. 1992. Evaluación económica de la unidad de producción de pequeños productores en zonas áridas. In: FCA-UNC, *Sistemas agroforestales para pequeños productores de zonas áridas* (p. 62-66). Ed. Triunfar, Córdoba.
- Ndagala, D. K. 1990. Pastoral territoriality and land degradation in Tanzania. In: Pálsson, G. (Ed.), *From water to world-making. African models and arid lands* (p. 175-199). The Scandinavian Institute of African Studies, Uppsala.
- Ngugi, R. K. & D. M.Nyariki. 2005. Rural livelihoods in the arid and semi-arid environments of Kenya: Sustainable alternatives and challenges. *Agr. Human Val.* 22: 65-71.
- Nussbaumer, B. 2004. Impact of migration processes on rural places. Cases from the Chaco Region – Argentina. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Posada, M. G. 1993. Sociología rural argentina. Estudios en torno al campesinado. Colección Los Fundamentos de las Ciencias del Hombre. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.

- Rocher, G. 1972.** Talcott Parsons y la Sociología Americana. Traduced by Alicia B. Gutiérrez. Mimeo.
- Ruiz Posse, E., U. O. Karlin, E. Buffa, M. Karlin, C. Gai Levra & G. Castro. 2007.** Ambientes de las Salinas Grandes de Catamarca, Argentina. *Multequina* 16: 123-138.
- Scoones, I. 2009.** Livelihoods perspectives and rural development. *J. Peasant Stud.* 36(1): 171-196.
- Turner, N. J., I. J. Davidson-Hunt & M. O'Flaherty. 2003.** Living on the edge: Ecological and cultural edges as sources of diversity for social-ecological resilience. *Human Ec.* 31 (3): 439-461.
- Visintini, A. A. (dir.). 1992.** La economía campesina del noroeste de la Provincia de Córdoba El caso de las pedanías Copacabana y Toyos, departamento Ischilín. CONICET. Academic report.
- Yuni, J. A. & C. A. Urbano. 2000.** Investigación etnográfica e investigación-acción. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.



**Figure 1.** Location of the study area. In the map of below, black tones correspond to covered soil; gray to degraded forest; white to bare soil.

**Table 1.** Economic results per community of 2005-2006 campaign.

| Community                                                                    | La Suerte | El Puesto | El Milagro | Total   |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|---------|
| Number of families (NF)                                                      | 6         | 3         | 4          | 13      |
| Capital (U\$S)                                                               | 70,845    | 34,285    | 57,950     | 163,080 |
| Gross Income per Sales (GIS) (U\$S)                                          | 5528      | 2736      | 7753       | 16,018  |
| Gross Income per Selfconsumption (GISC) (U\$S)                               | 833       | 173       | 350        | 1356    |
| Total Gross Income (TGI=GIS+GISC) (U\$S)                                     | 6361      | 2909      | 8103       | 17,374  |
| Selfconsumption contribution to Total Gross Income<br>(SC%=GISC/TGI*100) (%) | 13,10     | 6,00      | 4,30       | 7,80    |
| Total Production Costs (TPC) (U\$S)                                          | 3072      | 13        | 1606       | 4692    |
| Total Family Income (TFI=TGI-TPC) (U\$S)                                     | 3289      | 2896      | 6497       | 12,682  |
| Average Income per Family (AIF=TFI/NF) (U\$S/family)                         | 548       | 965       | 1624       | 976     |
| Total Declared Surface (TDS) (has)                                           | 1375      | 1065      | 1180       | 3620    |
| Average Declared Surface (ADS=TDS/NF) (has/family)                           | 229       | 355       | 295        | 278     |
| Man Equivalent (ME)                                                          | 12,60     | 4,90      | 8,30       | 25,80   |
| Man equivalent per family (ME/NF)                                            | 2,10      | 1,63      | 2,08       | 1,98    |
| TFI/TDS (U\$S/ha)                                                            | 2,39      | 2,72      | 5,51       | 3,50    |
| TDS/ME (ha/ME)                                                               | 109,13    | 217,35    | 142,51     | 140,53  |
| TFI/capital (U\$S/U\$S)                                                      | 0,046     | 0,084     | 0,112      | 0,077   |

**Table 2.** Summary of reproduction strategies identified within the area.

| Variable   | Strategy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Juridical  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Land tenancy and titles possession, to allow more freedom over land exploitation.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Political  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Politically belonging to Province of Catamarca, obtaining some "benefits" like subsidies, sporadically sanitary assistance and potable water brought by tank trucks weekly.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Social     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Communal land use or even the use of neighboring lands, allowing a major flexibility to confront climatic and economic variations, obtaining higher predial incomes.</li> <li>- The overlapping use between lands, with word agreements among settlers and other owners, allowing a more efficient use of forage resources.</li> <li>- "Natural" population regulation is generated. Low population density, probably due to low resources offer and due to migratory processes.</li> <li>- Communitarian animal manage and production costs distribution. Organization for animal water buying.</li> <li>- Relationships between families and communities are vital, generating an important flow of information and goods.</li> <li>- Women are responsible for family holding, being the ones who administrate the incomes and assure their children's wealth, taking care also of their homes and peridomestic tasks.</li> </ul>                                                                                         |
| Economical | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Family manpower constitutes an important capital for social reproduction, using children and old men work in order to increase work capital.</li> <li>- Work division: women and children are in charge of peridomestic activities, while men take care of predial activities.</li> <li>- Rise of labor mass through biological reproduction by a relative high birth rate.</li> <li>- Migration to cities in order to finish preparatory school or to seek for extrapredial works.</li> <li>- Cattle selling as an extra income in necessity moments.</li> <li>- Transformation of wood into charcoal in order to commercialize the forest resource.</li> <li>- Self consume incomes, raising total gross incomes.</li> <li>- Destination of temporary work for charcoal production, instead of administrating their own exploitation, avoiding transportation and commercialization costs.</li> <li>- Cattle diversification production, mainly for self consume. Selling period's distribution along the year.</li> </ul> |
| Technical  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use of infiltrated water from the dams, through water holes extraction.</li> <li>- Different quality water mixture in order to improve the efficiency.</li> <li>- Quebracho colorado wood use as source of tannin in the water to precipitate sulfates.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ecological | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Larger animal grazing and browsing surface for maintenance of higher animal load.</li> <li>- Biological diversity used in transitional ecologic areas, obtaining a major resilience and flexibility capacity.</li> <li>- Differentiated resources offer along the year due to the great ecological variability. Settlers identify this strategy of differential use as the main key for economical reproduction.</li> <li>- Cacti consume by the animals as water source, observing better corporal condition and less mortality.</li> <li>- Grazing on different environments, promoting animal milk production, therefore, raise survival.</li> <li>- Natural regulation of animal population in dry season.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

# Miguel Hernández

## A 100 años de su nacimiento

Orihuela, 30 de octubre de 1910 – Alicante, 28 de marzo de 1942 (España)



Casida Del Sediento

*Arena del desierto  
soy, desierto de sed.  
Oasis es tu boca  
donde no he de beber.*

*Boca: Oasis abierto  
a todas las arenas del desierto.*

*Húmedo punto en medio  
de un mundo abrasador*

*el de tu cuerpo, el tuyo,  
que nunca es de los dos.*

*Cuerpo: pozo cerrado  
a quien la sed y el sol han calcinado.*

(Poema de Miguel Hernández)

Miguel nació un 30 de octubre de 1910 en Orihuela, Alicante (España) y es un poeta emblemático de los desiertos no sólo de España sino del mundo. Su niñez la pasó corriendo tras su rebaño de cabras, tratando de entender el cielo, contando las estrellas, contemplando a espejo de la tierra que dicen que es la luna, mirando las flores, las huertas, los ciclos de vida del ganado, y a todos les dedicó un poema. Miguel partió con tan sólo 32 años en medio de un conflicto lleno de pasiones que terminó con su vida.

A los 100 años de haber nacido, hemos querido rendirle un pequeño reconocimiento a Miguel y recordarlo como uno de los poetas que amó a los paisajes que nos unen: los desiertos y esta vez además con uno de los fieles amigos de los pobres del mundo: las cabras

*Nunca tuve zapatos,  
ni trajes, ni palabras:  
siempre tuve regatos,  
siempre penas y cabras.*

**(Miguel Hernández, *cabrero y poeta*. Fragmento)**



## **GUIA DE AUTOR**

### **Zonas Áridas**

Revista publicada por el Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

**Director:** MSc. Juan Torres Guevara

**Editores:** Dra. Fabiola Alexandra Parra Rondinel

MSc. (c) Sonia María González Molina

Dra. María de los Ángeles La Torre-Cuadros

Dr. (c) Reynaldo Linares-Palomino

Dr. David Ramírez Collantes

#### **Generalidades.**

*Zonas Áridas* publica una vez al año artículos referentes a los diversos aspectos de las zonas áridas y semiáridas a nivel mundial, con la finalidad de contribuir al mejor conocimiento de sus componentes naturales y sociales, y al manejo adecuado de sus recursos. Se aceptan contribuciones en aspectos teóricos y aplicados en: Botánica, Zoología, Ecología, Etnobiología, Paleobiología, Antropología, Arqueología, Geología, Hidrología, Forestales, Agricultura, Climatología, Arquitectura de estos ecosistemas así como; proyectos de conservación, desarrollo, cambio climático, educación y material legal, cultural e histórico referidos a zonas áridas. Esta Revista se inició en 1982 y tiene las siguientes secciones: Editorial, Artículos científicos, Revisiones y Notas Técnicas o Informativas. No se cobran gastos de publicación. Las opiniones expresadas en esta revista son responsabilidad exclusiva de los autores.

Los manuscritos impresos y el material electrónico pueden ser enviados a la dirección postal del CIZA. Incluya con su manuscrito una carta de presentación indicando la originalidad, consentimiento de publicación y dirección postal y electrónica del autor para correspondencia. Enviar una copia de los mismos al correo electrónico de la revista: [zonasaridasperu@yahoo.com](mailto:zonasaridasperu@yahoo.com).

Los manuscritos serán evaluados anónimamente de acuerdo a los criterios de nuestra política editorial.

#### **Guía de Autor**

El presente documento contiene las instrucciones para la presentación de contribuciones a la Revista Zonas Áridas N° 15, edición del 2013. Puede acceder y solicitar esta guía a las siguientes direcciones:

Revista Zonas Áridas

CIZA-UNALM

Dirección Postal: Camilo Carrillo 300-A Lima 11, Perú

Dirección Electrónica: <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/>

Correo Electrónico: [zonasaridasperu@gmail.com](mailto:zonasaridasperu@gmail.com)



## Instrucciones Generales

- Use papel tamaño A4. Dejar un margen de 1" (2.5 cm) en todos los lados de la página. Alinear el texto en extenso hacia la izquierda. Evite utilizar guiones o diagonales al final de una línea de texto y NO divida una palabra al final de una línea de texto.
- Todo el texto debe ir a doble espacio incluyendo Título, Resumen, Cuadros, Leyenda de Figuras y Referencias Bibliográficas.
- No coloque sangría ni tabule el texto.
- Utilice letra tamaño 12 (Times New Roman).
- No utilice negritas.
- No use pies de página.
- Numere todas las páginas y coloque el número de página en la esquina inferior izquierda.
- Numere las líneas del texto de cinco en cinco.
- Se recomienda utilizar itálicas y no subrayado en términos o abreviaturas como et al., sensu.
- Utilice itálicas para símbolos como P, N, t, r, F, G, U,  $R^2$ ,  $X^2$ , x (media). También N=12, no n=12; pero utilice df, SD, SE, SEM (texto normal).
- No incluya figuras dentro del texto principal. Provea las mismas en archivos separados.
- No incluya cuadros ni citas de figuras en el texto principal. Póngalas en páginas separadas al final del texto principal.
- Cite cada figura o cuadro en el texto principal. Estas deben ser numeradas en el mismo orden en el que son citadas en el texto.
- Usar el siguiente formato para abreviaciones: d (día), h (hora), min (minuto), seg (segundo), diam (diámetro), km, cm, mm, ha (hectárea), kg, g, ml (mililitro).
- Otras abreviaciones de términos o nombres se identifican al mencionar por primera vez el término en cuestión y se menciona en adelante sólo la abreviación.
- Numeración: Escribir en palabras los números sólo del uno al diez (p. ej. cinco árboles) a menos que sea una medida (p. ej. 6 mm) o si va en combinación con otros números (p. ej. 5 abejas y 12 avispa). Utilice comas para separar miles (de 10,000 en adelante pero no para 1000) y comas para decimales (0,13). Si utiliza porcentajes descritos en el texto: 25%. Relaciones: g/m<sup>2</sup> (sin espacios). Otro ejemplo de nomenclatura: 21°C; 39°15'N (sin espacios).
- Cada referencia citada en el texto debe ir en la lista de Literatura Citada y viceversa.  
Citar solamente material publicado o artículos aceptados para publicación (citar como en prensa). No se aceptan citas como "en preparación" o "sometido a publicación".



Utilice el siguiente formato para los **encabezados**:

**TÍTULO**

**ENCABEZADO PRINCIPAL**

Encabezado de segundo orden

Encabezado de tercer orden

Ensamble el manuscrito en el siguiente orden:

1. Página con título
2. Resumen y Palabras clave
3. Texto principal
4. Agradecimientos (si aplica)
5. Referencias Bibliográficas
6. Cuadros
7. Apéndice (si aplica)
8. Leyenda de figuras
9. Figuras

### **1. PÁGINA CON TÍTULO Y AFILIACIÓN DE AUTOR(ES) (Página 1)**

- El título completo, alineado a la izquierda y con cada palabra en mayúscula, no mayor a 12 palabras.
- Debajo del título, incluya el (los) autor (es), afiliación profesional, y la (s) dirección(es) completas sin abreviar. Utilice superíndices numerados luego de cada nombre si la dirección del autor ha cambiado desde el momento en que se hizo la investigación. En el caso de manuscritos con varios autores, debe utilizarse otro superíndice para indicar cuál autor es el responsable para correspondencia.

### **2. RESUMEN (página 2)**

- El resumen debe ser conciso (no mayor de 200 palabras para artículos y 70 palabras para notas).
- No use abreviaciones en el resumen.
- Luego del resumen incluya hasta un máximo de 10 palabras clave en orden alfabético.
- Los manuscritos en español y portugués deben tener un resumen y palabras clave en inglés. Los manuscritos en inglés y portugués deben tener un resumen y palabras clave en español.

### **3. TEXTO PRINCIPAL (página 3 en adelante)**

- Los nombres de los encabezados de las secciones son Materiales y Métodos, Resultados, Discusión. No se utiliza acápites para la introducción.
- Utilizar para los encabezados de las secciones mayúsculas. Alinear a la izquierda y dejar doble espacio.
- Si se necesitan nombres de subsecciones, los nuevos encabezados deben ir en minúscula, alineados a la izquierda y con una tabulación.



#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Use el siguiente formato para **citas** en el texto:

Un autor: Torres (1998) ó (Torres, 1998).

Dos autores: Torres & Jiménez (1998) ó (Torres & Jiménez, 1998).

Tres o más autores: Jiménez *et al.* (1998) ó (Jiménez *et al.*, 1998).

- Manuscritos ACEPTADOS para publicación pero todavía no publicados: Torres (en prensa) ó (Torres, en prensa).
- Material sin publicar: (J. Torres, com. pers.) o (J. Torres, obs. pers.). "En preparación" o "sometido a publicación" No es aceptable.
- Las referencias van en orden alfabético en la lista de Referencias Bibliográficas.
- Cite las referencias por un mismo autor cronológicamente, comenzando por la publicación más antigua.
- Utilice el siguiente formato para las citas bibliográficas:

Un autor: Torres, J.

Dos autores: Torres, J & G. Jiménez.

Tres o más autores: Torres, J., G. Jiménez & A. González.

Cita de artículo de revista:

Cite a los autores; año, título del artículo (solo ponga en mayúsculas la primera palabra y nombres propios); título de la revista (abreviada y en *itálicas*); volumen y número, páginas.

Ferreya, R. 1983. Los tipos de vegetación de la costa peruana. *An. Jard. Bot. Madrid* 40(1):241-256.

Libro:

Cite autores; año; título del libro (en *itálicas*); Editorial; ciudad de publicación.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes Peruanos. Estac. Exper. Agric. La Molina. Edit. Lume. Lima.

Capítulo en libro:

Cite autores; año; título del artículo o capítulo (en mayúsculas sólo la primera palabra y nombres propios); editor; título del libro (*itálicas*); páginas del capítulo; editorial; ciudad de publicación.

Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. En: Bullock, S. H., H. A. Mooney & E. Medina, (Eds.), *Seasonally dry tropical forests*. 146-194. Cambridge University Press, Cambridge.



## 5. ILUSTRACIONES O GRÁFICOS

- Todas las figuras deben ser enviadas en formato electrónico original. El (los) autor(es) se hace responsable de proveer material gráfico de alta resolución y calidad. Se recomienda una resolución no menor a 300 dpi.
- Se aceptan en orden de preferencia los siguientes formatos:  
Adobe illustrator (.ai)  
PDF (.pdf)  
EPS (.eps)  
GIF (.gif)  
JPEG (.jpg)  
TIFF (.tif)
- Todo lo que es fotografías, dibujos, o gráficas se refiere en el texto principal como "Figura". Es importante asegurarse que cualquier símbolo, línea, o texto dentro de la figura sea legible al momento de la edición de la misma.
- Cada figura agrupada necesita un número (1a, 1b, etc.). Use letra minúscula tanto en la figura misma como en el texto.

### **POSTULACIÓN DEL MANUSCRITO**

Enviar lo siguiente por **correo electrónico**:

Los diferentes tipos de contribuciones a Zonas Áridas deben ser enviadas a través del correo electrónico: [zonasaridasperu@gmail.com](mailto:zonasaridasperu@gmail.com). Los documentos a incluir son los siguientes:

1. Manuscrito, cuadros y todas las figuras en formato de archivo DOC de MS Word. Consulte con el editor para el envío en otro formato.
2. Carta de presentación: Debe incluir instrucciones especiales, cualquier cambio anticipado de dirección del autor responsable del manuscrito y su dirección electrónica. Puede incluirse también el nombre y dirección de potenciales revisores del manuscrito

### **IMPORTANTE**

Sólo aceptaremos y entrarán en proceso de revisión aquellos manuscritos que sigan las instrucciones especificadas en este documento.

### **SEPARATA FINAL**

El autor principal recibirá una copia electrónica libre de costo de su artículo publicado en la revista, el cuál podrá ser distribuido libremente. La copia electrónica estará en formato PDF y también podrá ser obtenida en la página web de la revista ([www.lamolina.edu.pe/zonasaridas](http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas)).