



ISSN 2250-5725

# Lhawet

## Nuestro entorno

Publicación del Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH)  
Universidad Nacional de Salta

Volumen 4 • Número 1 • Noviembre 2015



# Lhawet

## Nuestro entorno

Publicación del Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA • ARGENTINA

---

**Volumen 4 • Número 1 • Noviembre 2015**

ISSN 2250-5725

<http://ineah.unsa.edu.ar/lhawet/>

ISSN(en línea) 2250-5717

ISSN(impresa) 2250-5725

ISSN(web) 2422-7250



Avenida Bolivia 5150 (4400) Salta • Argentina

Correo electrónico: revista.lhawet@gmail.com

Teléfono: 54 0387 4255592

# Lhawet

## Nuestro entorno

.....

Publicación del Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA • ARGENTINA

---

Volumen 4 • Número 1 • Noviembre 2015

ISSN 2250-5725



Córdoba 714 - Tel.: 4234572 - 4400 Salta  
administracion@mundograficosa.com.ar

# Lhawet

## Nuestro entorno

Publicación del Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA • ARGENTINA

Volumen 4 • Número 1 • Noviembre 2015

ISSN 2250-5725

### DIRECTORA

Dra. Marta Leonor de Viana

### COMITÉ EVALUADOR

Alicia Burghardt, Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Analía Pugener, Universidad de Missouri, EE UU  
Antonio Elio Brailovsky, Universidad de Buenos Aires  
Beatriz Eibl, Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
Beatriz Tracanna, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina  
Claudia Seeligmann, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina  
Delia Lomaglio, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina  
Francisco Raúl Carnese, Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Graciela Verzino, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina  
Hector Marteau, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina  
Jorge Williams Universidad Nacional de la Plata, Argentina.  
Lino Pizzolon, Universidad Nacional de la Patagonia, Argentina  
Liliana B. Salas, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina  
Marcelo Zabala, Universidad Nacional del Litoral, Argentina  
Maria Alma Rangel Fajardo, INIFAP, México  
Marta Rosalía Gullota. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina  
Marta Duré Piteri, CECOAL, CONICET, Argentina  
Noemí Acreche. Universidad Nacional de Salta, Argentina.  
Nora Maidana, Universidad de Buenos Aires, Argentina.  
Patricia Digilio, Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Patricia Morawicki, Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
Rosa Vera Mesones, Universidad Nacional de Salta, Argentina.  
Silvia Romero Rangel, Universidad Nacional Autónoma de México.  
Sonia Edith Colantonio, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina  
Susana Alvarez Fernandez, Universidad Nacional de la Pampa, Argentina.  
Teresa Ferrero Roqué, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina  
Virginia Albeza. Universidad Nacional de Salta, Argentina.  
Wanda Polla, Universidad Nacional del Litoral, Argentina  
Yolanda Zalocar, Universidad Nacional de Nordeste, Argentina

### COMITÉ EDITORIAL

Eugenia Mabel Giamminola

Alicia Rina Dib

María Mónica Salusso

Ana Silvia Simensen de Bielke

## Contenido

### AMBIENTE Y DERECHOS HUMANOS

<b>Privatizaciones e intervención de manantiales en comunidades kollas de la Puna (Jujuy) .....</b>	<b>7</b>
Lino Pizzolon	

### DEMOGRAFIA

<b>Estacionalidad de nacimientos en poblaciones de la puna (Salta, Argentina) .....</b>	<b>13</b>
María Virginia Albeza, Selene Pilar Torres & Noemí Acreche	

### BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

<b>Uso de Germoplasma Silvestre en el Programa de Mejora de Tomate .....</b>	<b>19</b>
Graciela Beatriz Caruso, Viviana Gabriela Broglia & Mariana Inés Pocovi	

<b>Tolerancia al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento en semillas de tres especies nativas del Noroeste Argentino .....</b>	<b>25</b>
María Manuela Urtasun, Eugenia Mabel Giamminola & Marta Leonor de Viana	

<b>Fitoplancton de dos embalses de la Provincia de Salta .....</b>	<b>31</b>
María Mónica Salusso & Liliana Beatriz Moraña	

<b>Relevamiento de la fauna de anuros en la Autopista Norte de la ciudad de Salta, Argentina .....</b>	<b>39</b>
Natan Pamela, Acosta Rebeca & Núñez Alejandro	

### GENÉTICA

<b>Diversidad genética. Importancia y aplicaciones en el mejoramiento vegetal .....</b>	<b>43</b>
Graciela Caruso, Viviana Broglia & Mariana Pocovi	



## Editorial

En diciembre de 2011 publicamos el primer número de LHAWET. En los años siguientes, enfrentamos numerosos inconvenientes, contratiempos y también satisfacciones por haber continuado y así llegar al cuarto número de LHAWET, Nuestro Entorno. En estos años hemos aprendido y avanzado en el cumplimiento y adecuación a los estándares de publicación como regularidad, revisión por pares, presencia en bibliotecas y bases de datos, equipo editorial, entre otros, y los desafíos continúan. Presentaremos brevemente los trabajos de este número esperando aporten en cuestionamientos, nuevos interrogantes y reflexiones:

En relación a problemas entre los vínculos sociedad/naturaleza, en el trabajo *Privatizaciones e intervención de manantiales en comunidades kollas de la Puna (Jujuy)* describen efectos sociales de la privatización compulsiva del agua en algunas comunidades kollas de la Puna jujeña. La información se analiza y discute en relación con la cosmovisión originaria sobre los manantiales, frente a los procesos de mercantilización y privatización en curso de las últimas dos décadas. Describe la situación de dominación que plantea la privatización del agua en territorios indígenas, lo que amerita una intervención social que se traduzca en políticas de respeto a la autodeterminación y autonomía de las comunidades de la Puna Argentina en lo que respecta en este caso, al uso del agua, un elemento determinante para la vida.

El estudio “*Estacionalidad de nacimientos en poblaciones de la puna*”, presenta un relevamiento y evaluación en los nacimientos en cinco poblaciones puneñas de la Provincia de Salta: Cobres, Chañarcito, Tolar Grande, Olacapato y Santa Rosa de los Pastos Grandes. Se analizan aspectos de la fecundidad en relación al desarrollo socio-económico, la edad de las mujeres que se reproducen, los movimientos migratorios y otros factores condicionantes de la salud de la madre y de la supervivencia y salud de los niños, como por ejemplo el nivel educativo.

En cuanto a los avances en Biodiversidad y Conservación, se presentan cuatro estudios: uno sobre el *Uso de Germoplasma Silvestre en el Programa de Mejora de Tomate*, donde se presentan caracteres de calidad de frutos y marcadores moleculares en dos líneas de premejora, obtenidas mediante introgresión por el programa de Mejora Genética de Tomate que se lleva a cabo en la Universidad Nacional de Salta. Las autoras destacan la importancia de continuar con las evaluaciones fenotípicas y moleculares a fin de avanzar en la mejora facilitada por el uso de marcadores moleculares, en la selección de genes ventajosos.

El segundo refiere a estudios sobre la *Tolerancia al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento en semillas de tres especies arbóreas nativas del Noroeste Argentino: Cedrela balansae, Cercidium praecox y Prosopis nigra*, con resultados interesantes en relación al comportamiento de las tres especies para su conservación ex situ ya largo plazo, con la posibilidad de disminuir los gastos en energía (bajas temperaturas).

También se estudió la composición y estructura de los ensamblajes de algas de dos embalses de la Alta Cuenca del Río Juramento. Las autoras identificaron un total de 334 especies, principalmente cosmopolitas, con un importante porcentaje de las especies (44%) que fueron comunes a ambos embalses. La composición de algas varió en la estación seca y húmeda.

En el trabajo “Relevamiento de la fauna de anuros en la Autopista Norte de la ciudad de Salta”, los autores muestran la importancia de evaluar impactos de obras viales en las comunidades de anuros. Concluyen que el reemplazo de ambientes inundables con cobertura natural por canales de hormigón, representa una reducción del 66,6 % de la riqueza total de anuros y recomiendan diseñar sistemas de drenajes con menor impacto en la biodiversidad.

El área Genética, las autoras fundamentan su investigación en la importancia de los recursos genéticos, señalando los esfuerzos de las últimas décadas para elaborar documentos que incluyan desde definiciones, hasta acuerdos regulatorios para su conservación, uso y disponibilidad. En la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, se desarrollan proyectos vinculados al uso y mejoramiento genético de especies de importancia regional, siendo el punto de partida, el análisis de su diversidad genética.

En síntesis, podemos decir que la revista ha concentrado en este volumen un valioso conocimiento proveniente de investigaciones que producen conocimientos sobre las interacciones entre el medio, la cultura y el impacto en las formas de reproducción humanas, la conservación de la biodiversidad, la ecología urbana, las obras de infraestructura social, el impacto de la visión tecnocrática del mundo por sobre la cosmovisión andina en lo que respecta al comportamiento e interacción con la naturaleza, específicamente en el caso del agua. Cada una de ellas nos aportan indicadores de comportamiento de distintas especies en nuestro entorno.

Continuar y mantener una publicación científica en el tiempo es una tarea delicada y que requiere del compromiso real tanto institucional como de la comunidad de docentes-investigadores que le dan vida. Por ello agradecemos la voluntad y el deseo de difundir estos conocimientos en LHAWET, que en cada volumen va alcanzando un tópico nuevo a incluir, a la vez que nos alienta a seguir mostrando los resultados de los diferentes interrogantes y planteamientos que los investigadores realizan sobre las interacciones sociedad/naturaleza.

MUCHAS GRACIAS!

Marta Leonor de Viana

Alicia Rina Dib

## **Privatizaciones e intervención de manantiales en comunidades kollas de la Puna (Jujuy)**

### ***Springs privatization and intervention in Kolla communities of the Puna (Jujuy)***

**Lino Pizzolon**

Observatorio del Agua - Secretaría de Ciencia y Técnica - Universidad Nacional de la Patagonia  
Sarmiento 849 - 9200 Esquel (Chubut) - Argentina  
Tel. (54 2945)-452271 - E-mail: [lino@unpata.edu.ar](mailto:lino@unpata.edu.ar)

Recibido: 6/03/2015

Aceptado: 30/10/2015

#### **Resumen**

Se describen algunas consecuencias de la privatización compulsiva de los servicios de agua potable en algunas comunidades kollas de la Puna jujeña y procesos que la facilitaron, con particular referencia a Cangrejillos y algunas comunidades vecinas a La Quiaca. Se analizan factores que fueron dividiendo a la comunidad y facilitaron la intromisión de la empresa concesionaria. La mercantilización del agua destruye el significado de los manantiales en el mundo andino y los modos propios de convivencia con el agua y con la tierra de las comunidades afectadas.

**Palabras clave:** manantiales, mercantilización, Cangrejillos, cosmovisión, pacha

#### **Abstract**

Consequences of compulsive privatization of water services in some Kolla communities from Jujuy Puna Region are described as well as some processes which facilitated it, with special reference to Cangrejillos and other communities near La Quiaca. Some factors that divided the community and facilitated the intrusion of the company are analyzed. The commodification of water destroys the meaning of the springs and the water worldview for the Andean people.

**Key words:** springs, mercantilization, Cangrejillos, cosmovision, pacha

## Introducción

Este informe tiene por objeto llamar la atención sobre los conflictos generados por la privatización compulsiva de los servicios de agua potable en Jujuy, con particular énfasis en algunos manantiales de la región Puna. El mismo surgió de una colaboración voluntaria realizada a raíz de una invitación del Consejo de Participación Indígena (CPI) del pueblo Kolla-región Puna, y entregado oportunamente a las comunidades afectadas (Pizzolon 2011) y de una segunda visita realizada durante en el 2015 a fin de completar información básica sugerida por los revisores del primer manuscrito. Se trató de una colaboración voluntaria, acotada en el tiempo y sin fuentes de financiación específicas y por lo tanto el material presentado es forzosamente fragmentario y limitado. No obstante ello, la información reunida permite llamar la atención sobre tendencias y procesos que inciden en y motorizan dinámicas sociales complejas y que suelen pasar desapercibidos o invisibilizados.

Las aguas emergentes reciben nombres diversos: surgentes, manantiales, vertientes, ojos de agua, puquíos en quechua, ũfko en mapuche<sup>1</sup>; y les llaman con el sugestivo nombre de “nacimientos” en la Guatemala maya. En la zona visitada les dicen pújios, puesto que el agua puja por salir, a veces con un chorro que se eleva sobre el nivel de base (vecino del ojo de Cangrejillos). Sus aguas mantienen el flujo hídrico de muchos arroyos durante el período seco. Tienen un enorme valor especialmente en las zonas semidesérticas en las que no existen otras fuentes de agua, por lo que han estado y están indisolublemente ligadas a la vida en esos sitios y por eso, cuidadas y tratadas con el máximo respeto. La permanencia de muchos poblados o caseríos dependen por completo de la continuidad de su don.

Como parte de este trabajo se visitaron el ojo de agua en Cangrejillos y las tomas de dos pequeñas comunidades vecinas a La Quiaca, Lecho (San José) hacia el este, y Ojo de Agua, hacia el oeste. El significado mítico y la importancia social de los manantiales se analiza en forma general para el mundo andino de cual forma parte la región y dentro de lo limitado de este trabajo, también para la zona visitada.

### El ojo de agua de Cangrejillos

En abril de 2011 se realizó una visita al ojo de agua de Cangrejillos, a pedido de un referente de la comunidad, autoridad de aguas en su momento. La visita incluyó el ojo de donde se provee agua al poblado y a la zona rural.

El ojo se encuentra ubicado a los 22° 24' 35.5" de latitud Sur y a los 65° 34' 15.6" de longitud Oeste<sup>2</sup>, en el cruce de las rutas 68 y 67, a dos km del poblado del mismo nombre<sup>3</sup>. El área de surgencia tiene unos 20 metros de largo por 10 de ancho y se encuentra recostada sobre el terraplén de la ruta 68. Tiene cinco bocas principales. La conductividad de las diferentes bocas de surgencia disminuye ligeramente de sur a norte de 261 a 241  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El pH del arroyo resultante que se forma más abajo, fue 7.61. El agua corre sobre pedregullo cubierto por una película (1 mm o menos) resbalosa color pardo oscuro. Un 50 % del fondo del cauce está cubierto por berros y una superficie mucho menor, por lentejas de agua. Se observaron algunos cangrejos de río (de la abundancia de estos proviene el nombre de la localidad), y larvas



Fig. 1. Ojo de agua de Cangrejillos

de efemerópteros debajo de los guijarros. El sitio no está alambrado y es de libre acceso a los animales.

El ojo fue intervenido mecánicamente en forma intempestiva e inconsulta por la empresa Aguas de Los Andes para instalar una nueva toma de agua subterránea de agua y una bomba, y vuelto a cubrir con arenas y gravas. La vegetación acuática y el mismo trabajo del agua parecen haberle devuelto cierto aspecto natural al lugar (Fig. 1). Se usa como fuente de agua para personas y animales desde tiempos sin memoria. Desde la captación subterránea el agua se bombea a una cisterna ubicada en altura, desde donde corre por gravedad hasta el poblado, ubicado a 2 km de distancia hacia el oeste. Mediante flotadores se estimó un caudal de 35 l/seg, que equivalen a 3024  $\text{m}^3/\text{día}$ . El área de surgencia, es mucho más extensa que el ojo de agua propiamente dicho, pero el ojo es el afloramiento más importante en un centenar de metros a la redonda. El mismo da origen a un arroyo (Fig. 2) del cual se toma agua para riego por una canaleta construida con trabajo comunitario. La



Fig. 2. Curso de agua originado en el ojo\_ al fondo

1. Gentileza de Antonio Díaz Fernández 2. Cerro protector de la comunidad o región.

2. Tanto el ojo propiamente dicho como otras surgencias aguas abajo mantienen la vida en un amplio valle dedicado mayormente a la cría de ganado (llamas, ovejas, vacas), cuyas aguas llegan al río Miraflores en época de crecientes.

3. Poblado de unos 350 habitantes, originado como campamento minero (Minas San Marcial y otras del distrito minero Pumahuasi, en explotación hasta los 60). La población rural suma otros 350 habitantes.

canaleta inicia unos 50 metros más abajo de la surgencia. Tanto los valores de pH y conductividad, como la presencia cangrejos, larvas de insectos acuáticos -efemerópteros abundantes- indican que se trata de aguas de buena o muy buena calidad. Por el contrario la conductividad en una cisterna cerrada ubicada a una decena de metros del ojo (Fig. 3), fue de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , cuatro veces mayor que la del agua surgente, posiblemente debido a agregado de cal. Con el objeto de “desinfectar” la vertiente la empresa concesionaria agregó productos químicos, que provocaron la muerte de cangrejos, ranas, pájaros, relató un vecino del ojo.



Fig. 3. Cámara en el ojo de agua BN

Tratándose de una fuente utilizada desde muy antiguo, los apremios empleados por Aguas de los Andes y la falta de consulta sobre las intervenciones a realizar, generaron fuerte irritación en la comunidad. En otras circunstancias este atropello hubiera sido motivo de un levantamiento vecinal tal como ocurrió cuando se intentó reactivar allí la actividad minera; si ello no ocurrió en esta ocasión se debió a diversos factores que fueron erosionando lo comunitario dividiendo a la comunidad. La intervención compulsiva del ojo de agua, con el pretexto de que no había tiempo para diálogos y consultas, fue una acción llevada a cabo desde una perspectiva tecnocrática, que desconoce e invisibiliza el sentir y los conocimientos de quienes históricamente hicieron uso de dicho ojo. El lugar de la surgencia jamás se debe intervenir. De hecho, muchos lo sintieron como una vejación a la naturaleza y un avasallamiento de espacios de decisión propios de la comunidad<sup>4</sup>. Según vecinos del ojo, las intervenciones realizadas han disminuido el flujo de agua; relatan que en la naciente sur, que ahora presenta escaso caudal, antes surgía el agua con fuerza como un pequeño chorro. Hasta los ochentas había varias vertientes en el mismo pueblo, pero eran insuficientes. En la actualidad varias han desaparecido.

#### Intervenciones en comunidades vecinas a la Quiaca

En abril de 2011, se realizó una visita a San José (Lecho)<sup>5</sup>, a 5 km al este de La Quiaca, por invitación del representante de la comunidad en el CPI. El mismo había sido desplazado de su cargo de comunero por haberse opuesto a la privatización del servicio de

agua potable; mediante una campaña de desprestigio orquestada por un funcionario provincial: “primitivos”, “atrasados”, era el mote que se le endilgaba a quienes se oponían a la privatización. Dicho funcionario quedó luego a cargo de la comisión municipal. Esta comisión y Recursos Hídricos de la Nación instalan una bomba de agua y construyen una canaleta de conducción hasta el poblado<sup>6</sup>. Una vez realizadas las inversiones el agua pasó a ser administrada por la empresa Aguas de los Andes.

**Ojo de Agua:** La localidad de Ojo de Agua, de unas 60 familias se encuentra a 7 km al oeste de La Quiaca, a orillas del río límite, La Quiaca o Villazón. Se visitó conjuntamente con su comunero ES en agosto de 2015. En los noventa la Provincia instaló una pequeña bomba en el subálveo del río La Quiaca y una red de agua potable domiciliar. En el 2002 entra en escena Aguas de los Andes con promesas de creación de fuentes de trabajo y de apoyo a la comisión municipal, promesas que nunca se cumplieron. La empresa instala una segunda bomba mucho mayor y a una decena de metros de la preexistente y comienza a bombear agua a La Quiaca, donde instalan medidores domiciliarios. A partir de entonces, merma la disponibilidad de agua y se resienten las huertas familiares, los cultivos y la fabricación de adobes, actividad entonces importante en Ojo de Agua. El tránsito de camiones de la empresa daña el estado de caminos vecinales, sin ningún tipo de atención a los reclamos ni compensación por ello.

EV, referentes de Cangrejillos, mencionaron que en el camino de Cangrejillos a La Quiaca hay otro ojo de agua que también ha sido captado con la misma finalidad de dar agua a La Quiaca.

#### Cloración del agua

Pese a que el Código Alimentario establece un amplio listado de sustancias que no deben superar cierto valor máximo, en la práctica sanitaria corriente se denomina agua potable al agua natural tratada con hipoclorito, tal que los recuentos de bacterias estén por debajo de un máximo prefijado. Ahora bien, el agua que brota del vientre de la tierra por lo general es un agua bacteriológicamente apta para consumo humano. Clorar un agua surgente sólo por una precaución sanitaria<sup>7</sup>, o por mero protocolo de rutina, es una forma facilista de cubrir responsabilidades anticipadamente por parte de las autoridades sanitarias, pero, paradójicamente, poco cuidadosa con la salud de los habitantes. El cloro del hipoclorito (lavandina) agregado al agua, reacciona con la materia orgánica disuelta y genera una constelación de subproductos (a la fecha se conocen más de 500) muchos de ellos dañinos para la salud e incluidos en la ley nacional 24051 de residuos peligrosos. Se trata de compuestos que provocan algunos efectos inmediatos (sobre todo en los niños) y otros a largo plazo, puesto que se acumulan en el organismo. Las pruebas sobre tales efectos, tóxicos, cancerígenos y teratogénicos crece en forma permanente (revisión de Pizzolon & García Sotillo 2011; Bouchetrit *et al.* 2015). No en vano el mercado del agua embotellada se incrementa en forma exponencial. El cloro representó un gran avance para la humanidad en el control de enfermedades contagiosas; pero esto no debe hacer olvidar que es un elemento altamente tóxico. Clorar aguas de una

4. Inicialmente la comisión municipal había presentado a Recursos Hídricos de la Nación un proyecto de ampliación de la red de agua potable con el aval de la comunidad. La comunidad se entera que el proyecto fue aprobado cuando la Dirección Provincial de Agua Potable y Saneamiento se transforma en Aguas de los Andes S.A., sin informar sobre las características del proyecto aprobado (LC).2. Tanto el ojo propiamente dicho como otras surgencias aguas abajo mantienen la vida en un amplio valle dedicado mayormente a la cría de ganado (llamas, ovejas, vacas), cuyas aguas llegan al río Miraflores en época de crecientes.

5. Pequeña comunidad de unas 54 familias, camino a Yavi.

6. En la que se midió un caudal de 8 litros/seg, equivalentes a 691 m<sup>3</sup>/día.

7. Se justificaría solo en caso de aprovisionamiento desde fuentes de agua posiblemente contaminadas.

fuente subterránea de buena calidad es una aberración; es privarle innecesariamente a la población de uno de los mayores privilegios de los cuales puede gozar. El “llamado a conciencia” que propuso Aguas de Los Andes<sup>8</sup> carece de fundamentos. No se mencionan estudios previos, ni estadísticas sobre las enfermedades de origen hídrico o análisis bacteriológicos que puedan justificar la necesidad de clorar el agua. Cloración jamás puede ser sinónimo de potabilización; si no es estrictamente necesaria no debiera implementarse, o de hacerlo, debiera ser reducida al menor tiempo posible y a la menor intensidad posible<sup>9</sup>.

### Significados ancestrales de los manantiales

En el mundo andino los manantiales son sitios sagrados. No es nada fácil que de buenas a primeras alguien relate a un extraño, pensamientos que son muy íntimos, y que podrían ser objeto de burlas o de desprecio. Según quien habla, el discurso sigue hilos muy diferentes. Al comunero de Cangrejillos le preocupan los aspectos técnicos relacionados con el suministro de agua al poblado y la creación de fuentes de trabajo<sup>10</sup>. En cambio VL<sup>11</sup>, se refirió específicamente a los rituales que se hacen en el ojo, corpachadas antes -se preparaba una comida especial y se le daba de comer al manantial haciendo un hoyo en la tierra-; o challacos<sup>12</sup>, más recientemente. El 23 de agosto de 2015 se realizó una “challada<sup>13</sup> para que el ojo siempre dé agua” relata G, que vive frente al manantial.

La importancia del ojo de agua de Cangrejillos viene desde muy antiguo. Toda la zona es un antigal, fue muy habitada en el pasado (G). Se han encontrado abundantes grabados rupestres en sus alrededores (Cruz & Martínez 2014). Un ramal del camino del Inca pasaba por allí hasta el tambo ubicado en Cangrejos, unos km más hacia el sur. Aún hoy quien llega al lugar a pié, se arrodilla, despeja la arena con sus manos en forma de cruz, se persigna y recién entonces bebe, relata AF, vecino del ojo.

Ceremonias similares se realizan actualmente en los manantiales de otros poblados vecinos. En el cordón Escalla, a unos 7 km al sur de La Quiaca, hay tres manantiales -relata JC<sup>14</sup>- y que el segundo de ellos fue entubado para riego de manzanos y para dar agua a las comunidades de Piedra Negra y Escalla<sup>15</sup>; la toma de agua no se instaló en el punto de surgencia, sino algunos cientos de metros más abajo. Hace unos años, el manantial ubicado más al sur explotó durante el carnaval, originando un alud de barro que mató cuarenta llamas y ovejas. A partir de ese hecho varios vecinos sintieron que debían hacer algo. Al comienzo eran unos pocos solamente, pero con el tiempo fue tomando fuerza institucional una “challa” que se realiza todos los años entre marzo y mayo. Es “una fiesta muy

linda y con mucha música; a la que asisten solamente miembros de la comunidad”.

Sococho es una comunidad situada a unos 10 km de La Quiaca, pero en territorio boliviano, que se nutre del agua de ocho manantiales que brotan en las cercanías. Todos los años la comunidad celebra una gran ceremonia al agua en los primeros días de agosto.

“Los manantiales ocupan un lugar especial en el pensamiento andino sobre el agua. Tienen algo de mítico porque son lugares donde el agua repentinamente brota de la tierra y generalmente, es de buena calidad clara y limpia. Para la gente andina los manantiales son “bocas” y “puertas de comunicación” con los *apus*<sup>16</sup> y *orqos*<sup>17</sup>, cuyas aguas provienen desde las profundidades de la pachamama, por tanto, son las más “sagradas” (Machaca) y, en sentido literal, fuente de vida nueva. Consecuentemente los manantiales son también considerados como lugares con un poder sobrenatural, lugares donde, en la noche, ocurren cosas extrañas y a los que la gente es llevada en los sueños más curiosos”.

“Esta imagen de los manantiales impone a la gente andina un respeto particular: son considerados como divinidades fuertes, con una capacidad especial de disponer el bienestar de los seres humanos. Según Calderón (1991): *los ojos de agua en su mayoría aparecieron por encanto, para servir a los hombres en sus necesidades, pero cuando estos no les dan el trato respetuoso que se merecen, pueden desaparecer*.”

Para ellos, existen muchos ritos para dialogar con los manantiales, para cuidarlos y rogarles que sigan proporcionando agua en grandes cantidades. Esto explica porqué, dentro de la cultura andina, cuando se lleva a cabo la construcción de represas que hacen uso de manantiales, se presta especial atención a la comunicación con la vertiente: *Para sacar agua de los puquios se debe pagar abundante, son muy sagradas. Así nomás, no se hace* (Machaca)”.

“Antes de cualquier construcción se debe pedir permiso a la vertiente para cambiar su cauce y se le reclama su responsabilidad de no esconder el agua sino de dejarla fluir (en nota al pié: La inestabilidad de flujos de vertientes también se reconoce en la ingeniería. En las faldas de los cerros, donde se encuentran los manantiales, es muy probable que los trabajos de construcción de obras de captación causen un cambio en las láminas geológicas, por lo que varía el flujo de agua. El efecto es una construcción inútil, en la cual ya no es posible contar con el agua planificada” (rescate de un escrito de Marcela Machaca Mendieta: **El agua y los quispillacctinos** (p. 64) en Gerbrandy y Hoogendam 1998)<sup>18</sup>.”

El agua es parte del *Ayllu*, concepto W que engloba tanto a la comunidad humana al espacio donde vive con su suelo, su aire, los demás seres vivos que comparten el mismo espacio.

“La convivencia con el agua es muy evidente en las comunidades andinas, donde hasta el día de hoy se hacen ceremonias para

8. La empresa advierte sobre “la necesidad de generar conciencia en las comunidades del norte de la Provincia ya que, el bien de la salud es lo primordial” haciendo hincapié en “la necesidad de que el agua sea clorada”. (<http://www.adlandes.com.ar/?p=265>). (-consultado feb. 2015).<sup>9</sup> En Irlanda, ... hasta el día de hoy el agua de manantiales se toma directamente, sin hervir ni clorar, en el 2011 cuando viví un tiempo en County Clare, recogíamos agua de estos manantiales en botellas, solamente eso tomábamos, se veía “sucio” por las plantas que crecen y la tierra el polvo., pero jamás enfermamos, son aguas sagradas ... en profunda armonía con el microbioma humano... es un crimen clorar (Dra. Vivian Camacho, com. personal).

10. Pude observar muchas iniciativas para capacitaciones técnicas a cargo de organismos del estado, focalizadas exclusivamente sobre aspectos técnicos y económicos.

11. Referente de la comunidad que obtuvo el segundo puesto en las elecciones de comunero; está haciendo un rescate de las historias del pueblo a través de los relatos orales.

12. Challa en comunidad.

13. “Ch’alla es la ceremonia de ofrenda que se hace a nuestros guardianes como montañas, aguas, ríos, fuentes de agua en este caso, se ofrece hierbas aromáticas ceremoniales, y libaciones de bebidas espirituosas locales. Cuando invitas esta libación a la tierra, el líquido cae en el piso, para que ella tome y vos de la misma copa, del mismo cuenco, así compartes, ch’allas con ella y por ella.

14. Músico y referente del grupo de investigación y reivindicación cultural Kuntur, de La Quiaca.

15. Unas 40 familias cada una

16. Cerro protector de la comunidad o región.

17. Cerro

18. Resultado del Programa de Enseñanza e Investigación en Riego Andino y de los Valles (PEIRAV), de Cochabamba, Bolivia.

homenajearla, para alegrarla y cuidarla. Aquí –en Bolivia-, quedan vestigios importantes en las comunidades de nuestras montañas, las ceremonias del agua son muy especiales, tienen su propia vestimenta cantos e instrumentos, y la sacralidad inherente, significando que todos todas deben participar bailando y comiendo para estos momentos especiales son fiestas importantes para que el espíritu del agua llene de abundancia y alegría la comunidad” relata la Dra. Vivian Camacho, de Cochabamba.



Fig. 4. El sapo, guardián del agua

pers.<sup>20</sup>). “Jamás se debe limpiar una vertiente con palas o elementos de hierro, con las manos nomás se debe hacer, y con mucho respeto”, decía María Luisa Wincaleo, de Gualjaina, (Chubut) en una charla sobre el agua en el mundo mapuche<sup>21</sup>. El sapo es el guardián del agua, comentaba otra vez, mostrándome una estatua hecha modo de propiciar su presencia y sus cuidados.

El pueblo maya Mam de la provincia de San Miguel Ixtahuacán (Guatemala) festejan todos los años, en manyo, el día del agua. Relató Paula López, guía espiritual maya, que es un día de depuración con el agua, que se prepara desde los días anteriores. Todas las personas hacen la ceremonia. A las cinco de la mañana se va hacia los nacimientos con toda la familia y se adornan muy bellamente con flores y pétalos. Luego se vuelve a casa y se come una comida especial, depuradora. Es un día también para la transmisión de saberes; los abuelos enseñan qué plantas sembrar -hay unas veinte diferentes-, para que el agua no merme; enseñan que el nacimiento se debe compartir; de cómo por peleas por el agua en una familia, recientemente se produjo un derrumbe en la surgencia y empezó a bajar el caudal. Y cómo es normal que manantiales que nacen dentro de un terreno se compartan con otros vecinos que necesitan, con alguna reciprocidad.

También en el mundo celta los manantiales se veneraban como lugares sagrados; lugares de donde brota la divinidad -toda Irlanda era considerada como el cuerpo de una diosa-. Aún hoy la gente los visita y encuentra en cada uno de ellos distintas clases de curación (O'Donohue 2000).

Cuando una comunidad se reúne, comparte y ofrenda al espíritu de la vertiente para que siga dando su agua, para agradecer su gratitud, su don, su constancia, lejos de brujerías o acto diabó-

lico, está obteniendo, por así decirlo, un doctorado acelerado en física cuántica. Dicen Earl Silverblatt (1976)(Lozada 2013) que el mundo andino no es comprensible en el espacio tridimensional de la física clásica; más bien es comprensible desde la física relativista. El concepto de *pacha* como una unidad del *aquí* y del *ahora*, implica la unidad de las tres dimensiones del espacio y la del tiempo. El ahora de un presente en la línea sucesiva del tiempo puede volver a hacerse presente en cualquier instante futuro. Todo lo ocurrido vuelve a suceder en el futuro y ocurrió en el pasado de otros mundos paralelos (Lozada 2013). Las fiestas, los rituales mencionados son algo que nos coloca fuera del tiempo. “El rito es una pacha, un momento en un espacio delimitado en el que los participantes se identifican étnicamente: circunstancia en la que se valida el orden social y político prevaleciente y se ponen al descubierto las nociones básicas compartidas sobre el mundo” (Lozada 2013). Las ceremonias, como simbología eficaz, no son una simple representación, intervienen y modifican el equilibrio de fuerzas en el cosmos (Easterman 2008).

Por el contrario, la transformación del agua en un objeto de lucro, reduce las miradas exclusivamente a su aspecto económico; invisibiliza y niega costumbres antequisimas que hacen a la identidad y formas de organización en cada comunidad.

### Consideraciones finales

Referentes de Cangrejillos señalaron que, en años anteriores, la comunidad se hubiera levantado contra la intromisión de Aguas de los Andes y que si eso no ocurrió en esta ocasión, se debió al debilitamiento previo y divisiones internas que fueron surgiendo.



Fig. 5. Cartel ubicado frente al ojo de agua de Cangrejillos. Marzo de 2011

La defensa del agua en relación con posibles proyectos mineros fue la preocupación común y motivo de movilización (marchas, presentaciones judiciales) (Fig. 5); la comunidad se hizo muy fuerte entonces. Años después, en el momento de decidir el rechazo a la intervención de Aguas de los Andes las voluntades se dividen; entre otros factores por la pertenencia a un culto evangélico de una mitad de la población. La pertenencia al culto llega a ser más importante que la pertenencia a la comunidad. Por ejemplo, no se permite a los adeptos participar en los rituales de la comunidad;

19. Com. Pers. gentileza de Antonio Diaz Fernández que agradezco.

20. Huaquino, Juan Ñanculef. El Sentido y el Significado del Agua o “KO” en el Pueblo Mapuche. Presentación (27 diapositivas) enviada gentilmente por el autor en el año 2009.

21. “Aguafabetizanos”. Taller organizado desde el Observatorio del Agua de la UNPSJB. 13-6-2012. Centro Cultural Melipal, Esquel

no se les permite embriagarse y se favorecen por el contrario los aspectos relacionados con la productividad y los ingresos económicos. La filiación religiosa llegó luego a tener expresión política en las elecciones de autoridades comunales. También en el caso de San José la filiación religiosa habría tenido su influencia en el reemplazo de la autoridad comunitaria y en el allanamiento del camino para la privatización del agua.

Laura Segato (2007) afirma que desde décadas atrás los misioneros protestantes introdujeron en la Puna una modernidad condicionada por la des-etnificación y la adopción de las banderas de la occidentalización. Y sugiere además (p. 327) que la expansión de algunas religiones en América Latina puede considerarse como una “anexión blanda” al territorio globalizado, y que los signos de afiliación religiosa marcan la pertenencia a dicha red y anticipan la adquisición de nuevos territorios y recursos de todo tipo. Este asunto es tan delicado como invisibilizado. No es objetivo de este informe ampliar más sobre ello, pero sí llamar la atención sobre la proliferación no inocente de algunos cultos (Segato 2007), tal que el tema reciba la atención y profundización que merece.

Los modos tradicionales de usar y compartir el agua en muchas comunidades locales tienden a ser vistos como obstáculos para el control moderno y eficiente del agua y deben ser quitados de en medio para posibilitar la modernización de los servicios y el surgimiento de actores “racionales”, afirma Boelens (2002) y sugiere: Intereses poderosos influyen en las nuevas normas y políticas en modo tal de monopolizar el acceso y el control de las fuentes de agua; casi nunca se tienen en cuenta las situaciones cotidianas en las que se desenvuelven las comunidades indígenas. O si lo hacen, como en el caso de la legislación Argentina, -art. 75 inc. 17 de la Constitución Nacional de 1984, ampliado en el Convenio 169 de la OIT, en la práctica no se consideran.

La privatización del servicio y la gestión tecnocrática del agua jamás puede imponerse como si fuera la única alternativa posible, ni hacer de ello el discurso único y excluyente. No se trata de prescindencia de la tecnología, pero nunca puede ser impuesta en forma unidireccional. Incluso consultores vinculados a los organismos de crédito internacional señalan que la falta de participación es la principal responsable del fracaso de las políticas de gestión del agua subterránea (Forster & Ganduño 2013). Un trabajo del INTA (Paredes *et al.* 2013) revisa las intervenciones estatales de las dos últimas décadas relacionadas con el acceso al agua en comunidades de la Puna jujeña. Si bien predomina en el mismo un enfoque en las tecnologías y en el desarrollo, los autores concluyen en la necesidad de repensar los métodos de intervención estatal, de generar procesos de inclusión y de potenciar saberes locales. La experiencia boliviana de gestión comunitaria del agua en una región muy similar, es ampliamente rescatable. Véase entre otros: Laruta & Bustamante (2007), Quiroz *et al.* (2012). También es importante tener presente la iniciativa internacional sobre recursos hídricos y derechos indígenas y campesinos en los países andinos que se desarrolla actualmente bajo la denominación Justicia Hídrica (Boelens *et al.* 2011). Fundamentalmente se requiere percibir la diferencia radical de la concepción andina del mundo con respecto a la concepción y prioridades del occidente y dar lugar a posibilidades reales de multiculturalidad (Soria 2011). Mucho de lo específicamente andino sobre el agua ha sido registrado y es promovido por PRATEC, CEPROSI y CHUYMA ARU en Perú (Camacho, com. pers.).

Los procesos y tendencias descritas no afectan solamente a las comunidades indígenas o campesinas y no son solamente un camino de ida, hacia la enajenación del agua y la pérdida del sentido

comunitario de la existencia. Es también un camino que muchas comunidades o grupos pueden recorrer y recorren de hecho a la inversa cuando recobran formas de organización, de control del territorio y de sus bienes, lengua, medicina, de sus formas de justicia, y de honrar al más allá.

### Agradecimientos

- a todas aquellos/as personas que hicieron posible la colaboración con el CPI de la región Puna;
- al CPI-Pueblo Kolla de la región Puna - Jujuy, por la oportunidad de colaborar en la región.
- a los comuneros/pobladores/ y amigos de la Puna que compartir su forma de sentir y ver, en especial a Laura Cruz, ex autoridad de aguas en Cangrejillos, y referente de la comunidad ante diversos organismos.
- a los revisores del manuscrito y en especial a la Dra. Claudia Briones, por sus detalladas y valiosas observaciones y sugerencias.
- a los demás amigos/as que amablemente revisaron sucesivas versiones del manuscrito por sus observaciones y aportes, en especial a la Dra. Vivian Camacho, de Cochabamba.
- ... las deficiencias que subsistan son por supuesto de mi responsabilidad.

### Referencias

- Boelens, R. 2002. Derechos de agua, gestión indígena y legislación nacional. La lucha indígena por el agua y las políticas culturales de participación. Proyecto Wallir: Universidad de Wageningen – UN/CEPAL. 18 pp. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/lucha.pdf>. Consultado Feb. 2015.
- Boelens, R., L. Cremers y M. Zwartveen (eds.) 2011. Justicia Hídrica, acumulación. Conflicto y acción social. Justicia Hídrica - Instituto de Estudios Peruanos – Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Boucherit, A., S. Moulay, D. Ghernaout, A. I. Al-Ghonamy, B. Ghernaout, M. Naceur, N. A. Messaoudene, M. Aichouni, A. A. Mahjoubi y N. A. Elboughdiri. 2015. New Trends in disinfection by-products formation upon water treatment. *Jour. Res. & Developm. in Chemistry*. Consultado julio 2015 en: [https://www.academia.edu/14077071/New\\_Trends\\_in\\_Disinfection\\_By-Products\\_Formation\\_upon\\_Water\\_Treatment](https://www.academia.edu/14077071/New_Trends_in_Disinfection_By-Products_Formation_upon_Water_Treatment)
- Calderón, C. 1991. Costumbres míticas sobre el agua de riego en Oyolo. En: *Ruralter. Revista de Desarrollo Alternativo*, N° 9. Ayachucho, Perú, pp. 199-210. Citado en Gerbrandy y Hoogendam (1998).
- Cowan Ros, C. y B. Nussbaumer. 2013. Comunidad indígena: (des) encuentros de sentidos entre miembros de la institucionalidad pública y de comunidades aborígenes del departamento de Yavi, provincia de Jujuy. *Cuadernos de Antropología Social (FFyL – UBA)* 37:109–137. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cas/n37/n37a07.pdf>
- Cruz, P. y A. Martínez. 2014. Signos, significantes y sentidos furtivos. Los grabados rupestres de Cangrejillos (Provincia de Jujuy, Argentina). *Sociedad de Investigación del Arte Rupestre de Bolivia (SIARB)*. Boletín N° 28.
- Cruz, P. y A. Martínez. 2014. Bajo el influjo de las rocas. Arte rupestre, pregnancia y tenacidad en un paraje de la Puna jujeña (Cangrejillos, Dpto. Yavi, Jujuy), Rep. Argentina. *Primeras Jornadas de Etnohistoria, Arqueología y Antropología de la Macro-Region Suroeste de Bolivia, Noroeste Argentino y Norte de Chile*. Tarija (Bolivia), 10 al 13 de Septiembre de 2014.

- Earls, J. e I. Silverblatt. 1976. La realidad física y social en la cosmología andina. Actes du XLII Congrès International des Americanistes. París.
- Easterman, J. 2006. Filosofía andina. Sabiduría indígena para un mundo nuevo. 2da. ed. ISEAT Instituto Superior Ecueménico Andino de Teología. La Paz, 413 pp.
- EPA. 2011. Havasupai Tribe to develop and enforce water quality standards. Consultado en Feb. 2015 en <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/0d230d725be6e0b785257880005a-422b?OpenDocument>
- Foster, S, y H. Gandoño – 2013. Groundwater-resource governance: Are governments and stakeholders responding to the challenge??. Jr. Hydrogeology: 21(2): 317-320.
- Gerbrandy, G. y P. Hoogendam. 1998. Aguas y Acequias. Los derechos al agua y la gestión campesina de riego en los Andes bolivianos. Plural Ed. – CID Centro de Información para el Desarrollo y Programa de investigación en riego andino y de los valles. 397 pp.
- Laruta, C. H. y R. Bustamante (coord.). 2007. Gestión y derechos de agua comunidades Turrini, Luxru Q'achi y Ancoraimes. CIPCA (Centro de Promoción e Investigación del Campesinado), La Paz – WALIR (Water Law and Indigenous Rights) – Centro Andino para la Investigación y Uso del Agua (Universidad Mayor de San Simón). 175 pp.
- Lozada Pereira, Blitz. 2013. Cosmovisión, historia y política en los Andes. Colección en Historias Andinas y Amazónicas. Tesis de Maestría. Facultad de Humanidades y Cs. de la Educación, Univ. Mayor de san Andrés. 3a. ed. CIMA, La Paz, Bolivia. 319 pp.
- O'Donohue. 2000. Anam Cara. El libro de la sabiduría celta. Emece, Bs. As. 2000. 230 pp.
- Pachaguay Yujra, P. C. 2008. La poética de las vertientes. Ecofeminismo y posdesarrollo en Santiago de Huari. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC). Universidad Mayor de San Andrés. Fundación PIEB. La Paz, Bolivia. 146 pp.
- Paredes, M. de L. A., M.L. Viteri y G. Ghezan (INTA). 2013. Acceso al agua en las comunidades indígenas de la Puna Jujena (Argentina). Una visión desde las prácticas sociales. IX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural (ALASRU). 25 pp. Consultado en agosto 2015 <http://inta.gob.ar/documentos/acceso-al-agua-en-las-comunidades-indigenas-de-la-puna-jujena-argentina-.una-vision-desde-las-practicas-sociales>
- Pizzolon, L. y F. García Sotillo. 2011. Derivados tóxicos de la cloración de aguas residuales y de red. Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Bs. As.), Nro. 113: 9-13.
- Pizzolon, L. 2011. Informe Técnico del Observatorio del Agua Nro. 4. El agua en la región Puna (Jujuy). Informe para el CPI del Pueblo Kolla - región Puna (Jujuy). Incluye 5 sub-informes. 59 pp.
- Quiroz, F., O. Delgadillo y A. Durán (eds.). 2012. Aguas arriba, aguas abajo. Luces y sombras de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Reflexiones desde la investigación aplicada. Ed. Plural, La Paz, Bolivia. 469 pp.
- Sagato, R.L. 2007. La nación y sus otros. Raza, etnicidad y diversidad religiosa en tiempos de políticas de identidad. Prometeo, Bs. As. 350 pp.
- Soria, S. 2011. La reinención de la nación en la Argentina actual: Estado, Relato nacional y pueblos indígenas. Nómadas (Col) 34:214-228. consultado setiembre 2015. <http://www.redalyc.org/pdf/1051/105118960015.pdf>



# Estacionalidad de nacimientos en poblaciones de la Puna (Salta, Argentina)

## *Seasonality of births in puna populations (Salta, Argentina)*

**María Virginia Albeza<sup>1,2,3</sup>, Selene Pilar Torres<sup>1,2</sup> & Noemí Acreche<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>CIUNSa. <sup>2</sup>Facultad de Humanidades. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150 (4400) Salta, Argentina. mvalbeza@unsa.edu.ar

Recibido: 29/06/2015 Aceptado: 11/08/2015

### Resumen

A partir de datos obtenidos de fuentes primarias de información se ha evaluado la estacionalidad en los nacimientos en cinco poblaciones puneñas de la Provincia de Salta: Cobres, Chañarcito, Tolar Grande, Olacapato y Santa Rosa de los Pastos Grandes. El coeficiente de Henry también fue estimado a partir de las medias móviles consideradas en intervalos de tres meses a fin de suavizar las diferencias entre las frecuencias de meses sucesivos que pueden ser consecuencia del tratamiento de un fenómeno temporal continuo a través de la discontinuidad que implica dividir el año en doce meses. El coeficiente de Henry muestra valores mayores a 200 en Santa Rosa de los Pastos Grandes (octubre) y Chañarcito (setiembre, noviembre y diciembre) reflejando picos de nacimientos para estos meses. Por otra parte, cuando se estima el coeficiente a partir de las medias móviles, también se obtienen valores superiores a 100 pero en ningún caso mayor a 150, con picos en diferentes épocas del año según la localidad. Al ser evaluadas las poblaciones en conjunto con medias móviles, se obtienen coeficientes mayores a 100 para los meses de setiembre a diciembre, siendo los más elevados octubre y noviembre (118,06 y 123,87 respectivamente). No obstante, no se visualizan tendencias claras de estacionalidad para las localidades a excepción de Santa Rosa de los Pastos Grandes que, a partir del análisis de variación armónica simple ( $p < 0,03$ ), estaría indicando la existencia de estacionalidad.

**Palabras clave:** variaciones estacionales, poblaciones puneñas, nacimientos.

### Abstract

From data obtained from primary sources of information, seasonality in birth was evaluated in five Puna populations in Salta: Cobres, Chañarcito, Tolar Grande, Olacapato and Santa Rosa de los Pastos Grandes. Henry's seasonal coefficients show values greater than 200 in Santa Rosa de los Pastos Grandes (October) and Chañarcito (September, November and December), reflecting peaks in births for these months. Moreover, the coefficient estimated from moving averages, is above 100 but not greater than 150, with peaks at different months. Coefficients higher than 100 are obtained for the months of September to December, with the highest October and November (118.06 and 123.87 respectively) when populations are evaluated together. However, no clear seasonal trends in any of the studied populations are shown, except for Santa Rosa de los Pastos Grandes. For this population, the analysis of simple harmonic variation ( $p < 0.03$ ) would indicate the existence of seasonality.

**Key words:** seasonality, Puna population, birth.

## Introducción

La estacionalidad en los nacimientos, matrimonios y defunciones es un rasgo ampliamente estudiado en las poblaciones humanas y las variaciones en la distribución se atribuyen a diferentes factores tanto biológicos como socio culturales.

Quesada-Ramos (2006) menciona categorías en las que incluye los factores responsables de estas variaciones, como por ejemplo, una clase que da cuenta de factores estrictamente biológicos (actividad fisiológica, temperatura, disponibilidad de alimentos, entre otros); una segunda categoría se refiere a factores culturales (ciclos laborales, fiestas, preferencia por determinadas estaciones) y un tercer grupo a fenómenos que afectan de un modo cíclico la duración del embarazo o su resultado.

Sin embargo, e independientemente de cuál sea el factor responsable de la estacionalidad, los autores coinciden en considerarla como “un indicador del grado de dependencia de las poblaciones con respecto a su medio ambiente”. Por el contrario, una distribución uniforme de los nacimientos es interpretada como una “característica propia de los grupos humanos bien adaptados a su ambiente” (Quesada-Ramos 2006).

Por su parte, Hernández *et al.* (2013) señalan que la existencia de patrones estacionales en las variables biodemográficas de la población evidencia la estructuración de la población en grupos diferentes y, en concordancia con otros autores, variables ambientales (luz, temperatura, humedad) siguen patrones estacionales en el ciclo anual y las actividades sociales, rituales y religiosas dependen de dicho ciclo por lo que pueden condicionar el comportamiento en los grupos humanos.

Greksa (2003) también hace referencia a patrones de estacionalidad en los nacimientos en respuesta a factores ambientales y culturales, destacando como factores ambientales más influyentes en la distribución de nacimientos, la influencia de las variaciones de temperatura registradas en las diferentes estaciones, la disponibilidad de luz y las infecciones y como factores culturales las preferencias en estacionalidad para matrimonios, ciclos agrícolas que pueden afectar la disponibilidad de trabajo y alimentos, variables económicas que implican migraciones estacionales, fiestas religiosas, además de estatus socio-económico.

Bobak & Gjonca (2001) coinciden en esta amplia gama de variables que pueden influir en la distribución de los nacimientos ocasionando estacionalidad pero advierten que las causas que generan estas variaciones aún son desconocidas. En un análisis realizado en la República Checa, encontraron que la variación estacional en los nacimientos está fuertemente asociada a características sociodemográficas particularmente de las madres, con valores más elevados entre las de 25-34 años, casadas y con niveles educativos elevados y pertenecientes a clases sociales altas.

En el país y en particular en la provincia de Salta, son escasos los trabajos referidos a estacionalidad. En Jujuy, Bejarano *et al.* (2001) analizaron estacionalidad de defunciones en la Puna de Atacama (Susques y San Pedro de Atacama) para el período 1890-1950. En Salta, se iniciaron análisis en la región de los Valles Calchaquíes (Cachi y Cafayate) a partir de datos de registros parroquiales para el siglo XIX (Yazlle *et al.* 2015). Una de las dificultades mayores para el estudio de la estacionalidad no sólo de nacimientos sino también de mortalidad y nupcialidad, radica en la falta de disponibilidad de datos desagregados por localidad por lo que su análisis podría aproximarse a nivel departamental o de cabeceras de departamento, según las fuentes consultadas.

En este sentido, un análisis para localidades pertenecientes a la región de la Puna, como el que aquí se propone, sería imposible de

realizar si no se hiciera a partir de fuentes primarias de información ya que los datos provistos por censos o estadísticas vitales, entre otras fuentes, brindan información a nivel del Departamento Los Andes o bien de San Antonio de los Cobres (Departamento Los Andes).

Por otra parte, este trabajo pretende iniciar el estudio de la estacionalidad en otras localidades y regiones de Salta para las que se cuenta con información desagregada para poblaciones actuales a fin de poder comparar con los resultados obtenidos a partir de fuentes de información histórica.

## Materiales y métodos

El análisis de la estacionalidad de nacimientos se realizó en cinco localidades pertenecientes a la Puna en la provincia de Salta: Chañarcito, Cobres, Olacapato, Santa Rosa de los Pastos Grandes y Tolar Grande.

La región de la Puna se encuentra relativamente aislada, con un patrón de poblamiento que carece de centros densamente poblados y se caracteriza por estar sometida a condiciones de vida extremas debido a las bajas temperaturas y a la baja presión de oxígeno. Estas características, entre otras, han llevado a que la base productiva de las sociedades andinas sea la unidad doméstica, desarrollando actividades básicamente ganaderas.

Los datos considerados proceden de censos domiciliarios realizados a todas las mujeres presentes con el fin de conocer su historia reproductiva. A partir de la información recabada, se analizaron en trabajos anteriores, algunos parámetros biodemográficos (Albeza *et al.* 2002; Acreche 2006).

Para el análisis de la estacionalidad de nacimientos, se incluyeron el total de observaciones para las que se contaba con fecha de nacimiento.

Se esperaría, a partir del total de nacimientos (620) que incluye a las cinco localidades, que se registren alrededor de 52 nacimientos por mes si no hubiera estacionalidad. El número de nacimientos diarios por mes fue calculado dividiendo el número de nacimientos en un mes por el número de días del mes correspondiente (se consideraron 28,25 días para el mes de febrero), para controlar la diferente longitud de los meses. La tasa de nacimientos por mes fue estimada dividiendo el número de nacimientos por día por mes por el promedio anual de nacimientos por día, considerando un valor anual de 365,25. Una tasa de nacimiento mayor que 1 indica que el número de nacimientos en un mes fue mayor que el promedio anual; por el contrario, una tasa menor que 1 expresa que el número de nacimientos fue menor que el promedio anual (Greksa 2003).

Greksa (2003) señala que la magnitud de la estacionalidad de los nacimientos puede ser evaluada con el test de Edwards o simplemente con una prueba Chi cuadrado. El test de Edwards permite detectar modelos sinusoidales simples mientras que con  $X^2$  se pueden detectar modelos de picos dobles.

Sin embargo, para Edwards (1961) la prueba Chi cuadrado no es la más adecuada para detectar variaciones cíclicas de estacionalidad, por lo que se aplicó su modelo trabajando con un círculo dividido en 12 sectores (12 meses). En cada uno de los sectores se encontrarían los nacimientos observados. Este modelo de variación armónica simple permite evaluar si se ajusta a una distribución con un máximo y un mínimo equidistante en la recurrencia anual (Hernández & García Moro 1997).

Se han estimado los coeficientes mensuales según la metodología descrita por Henry (1972; 1983), de modo que el valor 100 sea el coeficiente mensual esperado en ausencia de estacionalidad, teniendo en cuenta el número de días del mes (Hernández *et al.* 2013). Asimismo y, teniendo en cuenta los datos analizados

(N=620), este coeficiente también fue estimado a partir de las medias móviles consideradas en intervalos de tres meses a fin de suavizar las diferencias entre las frecuencias de meses sucesivos que pueden ser consecuencia del tratamiento de un fenómeno temporal continuo a través de la discontinuidad que implica dividir el año en doce meses (Hernández *et al.* 2001).

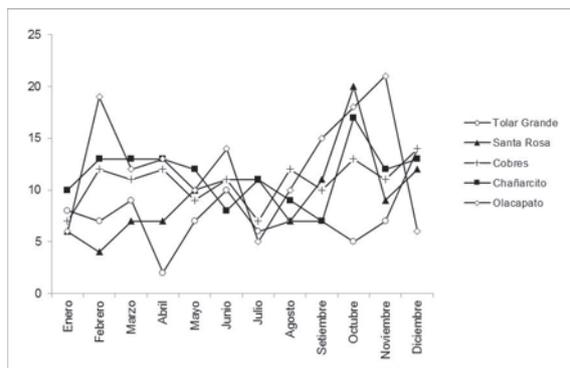
Los datos fueron procesados con los paquetes R y SPSS.

**Resultados**

De un total de 704 registros para las cinco localidades puneñas estudiadas, se desconoce la fecha de nacimiento en 84 (11,93%) y de estos, el 57,14% corresponde a varones. En Cobres y Tolar Grande se detectó el mayor número de registros con fecha de nacimiento desconocida (45 y 20 respectivamente).

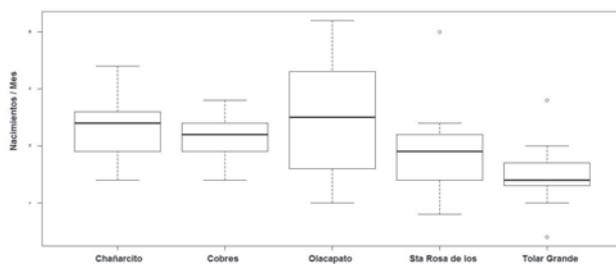
No se han observado diferencias significativas entre nacimientos por sexo en ninguna de las localidades por lo que y, de acuerdo a Hernández & García Moro (1997) puede admitirse uniformidad en la estacionalidad de nacidos de diferentes sexos.

En Cobres, durante los meses de enero, mayo y julio se observa el menor número de nacimientos (menor a 10) en tanto que en Tolar Grande, junio y diciembre son los meses con mayor número de nacimientos. Santa Rosa de los Pastos Grandes, presenta picos (10 o más nacimientos) durante los meses de mayo-julio, setiembre, octubre y diciembre siendo estos dos últimos los más elevados (Fig. 1). En ninguna de las localidades se observa una tasa de nacimiento por mes mayor que 1, lo que indica que en ningún caso el promedio de nacimientos supera al promedio anual.



**Fig. 1: Distribución mensual de los nacimientos en localidades de la Puna**

A partir de la evaluación gráfica de la estacionalidad de las tasas de nacimiento por mes, a través de un diagrama de boxplot, se observan datos atípicos para las localidades de Tolar Grande y Santa Rosa de los Pastos Grandes (Fig. 2).



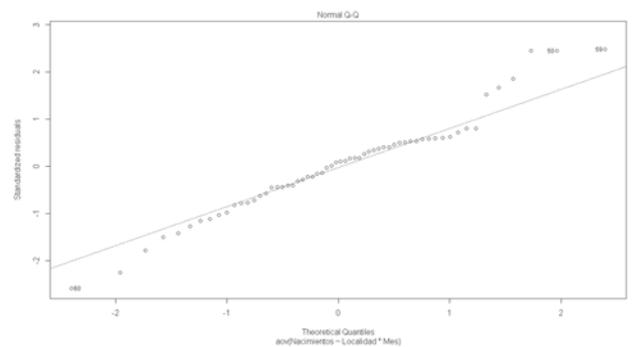
**Fig. 2: Número de Nacimientos / Mes**

Los valores similares de media y mediana estarían indicando una distribución normal de los nacimientos (Tabla 1) al igual que el Q-Q plot (Fig. 3).

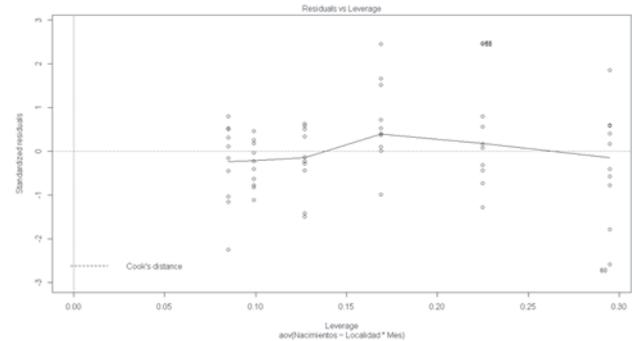
Localidad	Media	SD	Varianza	Mediana
Tolar Grande	7,42	2,87	8,26	7,0
Sta Rosa de los Pastos Grandes	9,58	4,10	16,81	9,5
Cobres	10,75	2,18	4,75	11,0
Chañarcito	11,5	2,71	7,36	12,0
Olacapato	12,42	5,28	27,90	12,5

**Tabla 1: Localidades puneñas de la provincia de Salta. Estadísticos descriptivos**

Al graficar los errores estandarizados, se observa que las muestras correspondientes a nacimientos ocurridos durante los meses de octubre y noviembre en Olacapato son *outliers* dado que se encuentran por encima de 2 (Fig. 4). La distribución normal de los errores se evaluó con el test de Shapiro, y se comprobó analíticamente ajuste a la normalidad ( $p = 0,1154$ ).



**Fig. 3: Q-Q plot: Localidades puneñas**



**Fig. 4: Errores estandarizados**

El coeficiente de Henry (Tabla 2) presenta valores superiores a 200 en las localidades de Santa Rosa de los Pastos Grandes (octubre) y Chañarcito (setiembre, noviembre y diciembre), lo que estaría indicando que serían los meses con mayor número de nacimientos. Los coeficientes mayores a 100 también reflejarían picos de natalidad, aunque no se visualiza con claridad un patrón estacional.

	Tolar Grande		Sta Rosa de los Pastos Grandes		Cobres		Chañarcito		Olacapato	
Enero	106,02	130,34*	61,72	76,52*	63,81	102,32*	16,85	104,35*	47,07	83,22*
Febrero	101,8	107,86*	45,15	59,13*	120,04	93,02*	36,97	104,35*	163,58	99,33*
Marzo	119,27	80,9*	72,01	62,61*	100,28	108,53*	16,85	113,04*	94,15	118,12*
Abril	27,39	80,9*	74,41	83,48*	113,04	99,22*	17,41	110,14*	105,39	93,96*
Mayo	92,77	85,39*	102,87	97,39*	82,05	99,22*	16,85	95,65*	78,46	99,33*
Junio	136,94	103,37*	116,92	111,30*	103,62	83,72*	17,41	89,85*	113,5	77,85*
Julio	79,52	103,37*	113,15	100,87*	63,81	93,02*	185,32	81,16*	39,23	77,85*
Agosto	92,77	89,89*	72,01	100,87*	109,39	89,92*	151,63	78,26*	78,46	80,54*
Setiembre	95,86	85,39*	116,92	132,17*	94,2	108,53*	295,95	95,65*	121,61	115,44*
Octubre	66,26	85,39*	205,73	139,13*	118,51	105,43*	16,85	104,35*	141,22	144,97*
Noviembre	95,86	116,86*	95,67	142,61*	103,62	117,83*	208,91	121,74*	170,25	120,80*
Diciembre	185,54	130,34*	123,44	93,91*	127,63	99,22*	219,01	101,45*	47,07	88,59*

Tabla 2: Coeficientes de Henry (\*con medias móviles)

Por otra parte, cuando se estima el coeficiente a partir de las medias móviles (Tabla 2) también se obtienen valores superiores a 100 pero en ningún caso mayor a 150, con picos en diferentes épocas del año según la localidad. Al ser evaluadas las poblaciones en conjunto con medias móviles, se obtienen coeficientes mayores a 100 para los meses de setiembre a diciembre, siendo los más elevados octubre y noviembre (118,06 y 123,87 respectivamente).

El análisis para detectar una variación armónica simple mediante el test de Edwards para distribuciones sinusoidales muestra valores no significativos en las localidades puneñas excepto en Santa Rosa de los Pastos Grandes ( $p < 0,03$ ) indicando estacionalidad de nacimientos a lo largo del año (Tabla 3).

	N	d	$\alpha$	$X^2$	p
Tolar Grande	89	0,0414	0,1658	1,2237	0,525
Santa Rosa	115	0,0869	0,3478	6,9551	< 0,03
Cobres	129	0,0199	0,0797	0,4101	> 0,05
Chañarcito	138	0,0377	0,1507	1,5668	0,475
Olacapato	149	0,0282	0,1128	0,9485	0,625

Tabla 3: Variación armónica simple - Test de Edwards (1961)

## Discusión

Uno de los principales aspectos a discutir en el presente trabajo es haber evaluado la estacionalidad de los nacimientos de manera global, es decir el análisis fue realizado sin considerar períodos (décadas) en particular ni generaciones, teniendo en cuenta que los datos provienen de fuentes primarias de información obtenidos de encuestas en las que, en numerosos casos, se desconoce

la fecha (mes) de nacimiento de los individuos e incluye a más de una generación.

Entre las variables que afectan la estacionalidad señaladas por diferentes autores, Hernández (1994), al igual que Bobak & Gjonca (2001), hace referencia al estado civil de las mujeres ya que observan diferencias significativas en cuanto a patrones estacionales entre madres solteras y casadas, como también entre las casadas en primeras y segundas nupcias. En este sentido, no resulta posible realizar una evaluación de este tipo a partir de los datos disponibles para poblaciones puneñas ya que no se discrimina el estado civil de las personas, centrando la atención sólo en la formación de la pareja.

En la provincia sólo sería posible realizar una evaluación que permitiera diferenciar madres solteras de casadas, acudiendo a actas de nacimiento y/o matrimonio del registro civil. Por otra parte, y teniendo en cuenta que a futuro se pretende comparar la información con datos históricos, las limitaciones también estarán referidas, en primer lugar, a fuentes de datos.

Hernández & García Moro (1997) observaron en la región Magallánica de la Patagonia chilena una distribución estacional con máximos en los meses de setiembre, octubre y noviembre que corresponde a las concepciones del período estival. Señalan que este patrón con mayor fecundidad durante los meses de verano y nacimientos en primavera es asimilable al de Europa para el siglo XX y al descripto para poblaciones del hemisferio sur con origen europeo. Entre las posibles causas que explican esta distribución, evalúan variables climáticas como temperaturas medias, precipitaciones, radiación solar, velocidad del viento encontrando correlaciones positivas entre las concepciones y la temperatura media.

Retomando el análisis de las variables en referencia a patrones de estacionalidad en los nacimientos (mortalidad, nupcialidad) (Greksa 2003; Quesada-Ramos 2006 y Hernández *et al.* 2013) se destacan las ambientales y socioculturales como condicionantes del comportamiento humano. Sería de esperar que las ambientales fueran las que operen con mayor fuerza en poblaciones con características climáticas como las de la Puna y en consecuencia debiera ser más claro y pronunciado un patrón estacional.

Quesada-Ramos (2006) se refiere al fotoperiodo como responsable de la regulación hormonal descrito por un gran número de autores y lo reconoce como un “mecanismo sutil que se manifestaría primordialmente en poblaciones con modelos de fertilidad natural, en las que no hubiese un control efectivo de la natalidad ni otros determinantes de la estacionalidad de tipo cultural”.

Por otra parte, la consideración en torno a las fiestas y rituales como causas que provocan estacionalidad, en particular afectando el mes de concepción y tiempo de gestación, hace hincapié en las celebraciones religiosas, de fin de año y de carnaval, festividades que tampoco se visualizan como influyentes en la distribución de nacimientos, salvo que se puede reconocer a los meses de enero y febrero como los de mayor concepción, en función del elevado número de nacimientos detectados en las localidades estudiadas (con excepción de Tolar Grande) principalmente Santa Rosa de los Pastos Grandes (20) y Olacapato (21).

La existencia de ciclos agrícola-ganaderos, son señalados también como causas que modifican patrones y pautas en la nupcialidad y períodos de concepción y, en consecuencia, en la estacionalidad de nacimientos.

Teniendo en cuenta las condiciones de vida, relacionadas a la escasez estacional de recursos a las que las poblaciones de la Puna se encuentran sometidas, éstas han desarrollado un complejo adaptativo que incluye la trashumancia cíclica, que se encuentra vinculada a las actividades pastoriles que estas poblaciones realizan. Los movimientos de las familias a las tierras más altas, en las que pastan los rebaños, son dependientes del período lectivo, que comienza en septiembre y finaliza en mayo (Acreche 2006). La trashumancia, podría equipararse a la existencia de ciclos a nivel socioeconómico y ser interpretada como un factor que podría ocasionar cambios estacionales.

Al respecto, Abeledo (2014) analiza las estrategias de movilidad pastoril en Santa Rosa de los Pastos Grandes y, si bien coincide en que el ambiente representa el punto de partida para abordar patrones de movilidad, señala que no es la única variable de análisis ya que debe “conjugar con otras dinámicas de orden social que también marcan los momentos y la organización de los movimientos”.

En esta localidad puneña, la trashumancia está centrada en la utilización de vegas durante el verano, ocupando durante los otros meses del año, *puestos o estancias* con disponibilidad de agua y pasturas. Se reconoce un ciclo de movilidad anual que en términos generales se divide en dos períodos bien diferenciados: diciembre a marzo (época de lluvias) y abril a noviembre (época de seca). No obstante ambos períodos del ciclo pueden comenzar entre setiembre-octubre y mayo, en particular este último es el que manifiesta mayor movilidad. También debe señalarse que actividades laborales de otro tipo (minería, administración pública), escolaridad de los niños (escuelas con régimen de verano) y emigración hacia áreas rurales del grupo de edad económicamente activa, podrían modificar y afectar estos ciclos ideales (Abeledo 2014).

En síntesis, la trashumancia cíclica característica de las poblaciones andinas y en particular de la de Santa Rosa de los Pastos Grandes podría interpretarse como posible causa de estacionalidad de nacimientos. No obstante, y como se mencionara, los ciclos anuales de esta estrategia adaptativa no guardan una periodicidad por lo que deben buscarse otras causas que permitan comprenderla de manera global.

Sin embargo y, de acuerdo con Hernández *et al.* (2013), se debe reconocer que la estacionalidad de los nacimientos observada en

muchas poblaciones, presenta una gran diversidad de patrones y se puede esperar que en una misma población se produzcan cambios en su patrón estacional a lo largo del tiempo.

## Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que se observan picos estacionales de nacimientos en las diferentes localidades en función del coeficiente de Henry. No obstante, resulta imposible señalar una época del año en particular ya que es variable en cada una de las poblaciones, sin poder precisar los factores que las pudieran ocasionar. Por otra parte, sólo en Santa Rosa de los Pastos Grandes se comprueba la significación de la estacionalidad según el test de Edwards.

## Referencias

- Abeledo, S. 2014. Pastoreo transhumante a comienzos del nuevo siglo: su vigencia en Santa Rosa de los Pastos Grandes (departamento de Los Andes, Salta). *Andes [en línea]* 25(2) (Julio-Diciembre). Disponible en: <<http://cicese.redalyc.org/articulo.oa?id=12738569007>> ISSN 0327-1676
- Acreche, N. 2006. Microevolución en Poblaciones Andinas. *Continuos Gráficos S.H.*, Salta.
- Bejarano, I.; Dipierri, J.E.; Costa-Junqueira M. & Alfaro-Gómez, E.L. 2001. Estacionalidad de las muertes en la Puna de Atacama. 5tas Jornadas Nacionales de Antropología Biológica. *Revista Argentina de Antropología Biológica*. 3(2): 113.
- Bobak, M. & Gjonca, A. 2001. The seasonality of live birth is strongly influenced by socio-demographic factors. *Human Reproduction*. 16(7):1512-1517.
- Edwards, J.H. 1961. The recognition and estimation of cyclic trends. *Ann. Hum. Genet., Lond.* 25: 83-87.
- Greksa, L.P. 2003. Birth seasonality in the old order Amish. *J. Biosoc. Sci.* 36: 299-315.
- Hernández, M. 1994. Estacionalidad de los nacimientos en Cataluña. Determinantes biológicos, demográficos y sociales. En: C. Bernis, C. Varea, F. Robles y A. González (eds): “Biología de las poblaciones humanas: problemas metodológicos e interpretación ecológica”. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. 465-477 pp.
- Hernández, M. & García Moro, C. 1997. Estacionalidad de los Nacimientos en la Población Colonizadora de la Región Magallánica (Patagonia, Chile). *Estudios de Antropología Biológica VIII*: 243-257.
- Hernández, M.; García-Moro, C.; Toja, D.I.; Esparza, M.; Font, J. & González, R. 2001. Estacionalidad de los nacimientos en Tortosa (Baix Ebre) en el siglo XIX. En: M.P. Aluja; A. Malgosa y R. Nogués (eds): “Antropología y Biodiversidad”. Ed. Ballaterra, Barcelona. 280-287 pp.
- Hernández, M; García Moro, C y Esparza, M. 2013. Estacionalidad de nacimientos, matrimonios y defunciones en la región Magallánica. Comparación con la época de la colonización. *MAGALLANIA (Chile)*. 41(1):123-131.
- Quesada-Ramos, A. 2006. Cambios en la estacionalidad de los nacimientos en Andalucía, España, entre 1941 y 2000. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*. 101:77-85.
- Yazlle, D; Acreche, N. & Albeza, M.V. 2015. Estacionalidad y causas de muerte en los Valles Calchaquíes (Argentina): Siglo XIX. Aceptado para publicación en *Revista Argentina de Antropología Biológica*.



## Uso de Germoplasma Silvestre en el Programa de Mejora de Tomate

### *Wild Tomato Germoplasm uses in Tomato Breeding Program*

**Graciela Beatriz Caruso, Viviana Gabriela Broglia & Mariana Inés Pocovi.**

CIUNSA y Facultad de Ciencias Naturales. Av. Bolivia 5150. Salta (CP4400). gbcarus@gmail

Recibido: 09/08/2015 Aceptado: 07/09/2015

#### Resumen

El tomate, *Solanum lycopersicum* L. es un cultivo de gran extensión e importancia económica mundial, constituye además un sistema modelo para estudios genéticos en plantas. El proceso de domesticación y mejora ha reducido su variabilidad genética, representada en los cultivares modernos. No obstante, una gran cantidad de polimorfismo está presente en las especies silvestres de tomate, siendo *Solanum habrochaites* una de las que tiene mayor variabilidad genética. Las especies silvestres han mostrado la existencia de caracteres deseables para la agricultura y su uso ha permitido incorporar genes de interés, aunque promete muchos más aportes a la mejora del tomate. La brecha genética entre el germoplasma elite y el silvestre hace necesaria una instancia de premejoramiento. La introgresión de genes ha sido utilizada para transferir variadas características favorables a materiales adaptados y generar genotipos "genéticamente valorizados" que posteriormente son incorporados en los programas de mejoramiento como líneas parentales. Esta etapa puede considerarse como una actividad intermedia entre la conservación de germoplasma y su utilización. El presente trabajo resume parte de los resultados de evaluación de caracteres de calidad de fruto y de marcadores moleculares en dos líneas de premejora, obtenidas mediante introgresión del genoma de *S. habrochaites* en el cultivar Uco Plata INTA de *S. lycopersicum*, por el programa de Mejora Genética de Tomate que se lleva a cabo en la Universidad Nacional de Salta. Las introgresiones de *S. habrochaites* han evidenciado su efecto sobre la variabilidad en todos los caracteres de calidad de fruto evaluados, mejorando algunos aspectos como la vida en estantería, el color, el contenido de sólidos solubles. Es importante continuar con las evaluaciones fenotípicas y moleculares a fin de avanzar en la mejora facilitada por el uso de marcadores moleculares, y de este modo reunir los genes ventajosos y eliminar aquellos en los que la influencia de las introgresiones puede ser negativa, como el tamaño.

**Palabras clave:** calidad de fruto, introgresiones, premejora, *Solanum habrochaites*, *Solanum lycopersicum*.

#### Abstract

Tomato, *Solanum lycopersicum* L. is a crop with wide growth around the world and with great economic importance. Besides, it is a model system to genetic studies in plants. Domestication and genetic improvement of tomato have reduced its genetic variability, which is represented in modern cultivars. However, great amount of polymorphism were founded in tomato wild species, *Solanum habrochaites* is one of them with more genetic variability. In addition, the wild species have evidenced desirable characteristics for agriculture, its uses has allowed include genes of interest; although they could provide better contribution to tomato improvement. Due the genetic gap between elite germplasm and wild germplasm, it is necessary a pre-improvement instance that overcomes these differences. Genetic introgression is used to transfer favorable characteristics to adapted materials and to increase the genetic value of these materials. Materials with higher genetic value can be used like parental lines in breeding programs. This step could be considered intermediate between the germplasm conservation and its uses for breeding. This work summarizes some results of fruit quality trait and molecular marker evaluations of two pre breeding lines. These lines were obtained by tomato breeding program at the Universidad Nacional de Salta through *S. habrochaites* introgression in the Uco Plata tomato cultivar. The introgressions have evidenced its effects to increase the variability on all fruit quality traits evaluated. Some features like fruit shelf life, color or soluble solid content showed better performances that the cultivar. It will be important to continue with phenotypic and molecular evaluations in order to carry out selection assisted by markers and to link beneficial genes and to remove negative introgressions, for example small fruit size.

**Key words:** fruit quality, introgression, pre-breeding, *Solanum habrochaites*, *Solanum lycopersicum*.

## Uso de Germoplasma Silvestre en el Programa de Mejora de Tomate

El tomate, *Solanum lycopersicum* L., es un cultivo de gran extensión e importancia económica mundial, después de la papa es el segundo vegetal más consumido en el mundo (Foolad 2007). En nuestro país se cultiva tanto en invernáculo como a campo, siendo Buenos Aires, Corrientes, Salta, Jujuy y Mendoza, las principales provincias productoras. El volumen de ingreso de tomates al MCBA para el año 2014 fue de 113.451,2 t., lo que constituye una participación del 13,9% del total de hortalizas (Peralta & Liverotti 2015). Además, desde el punto de vista biológico, constituye un sistema modelo para estudios genéticos en plantas (Rick & Yoder 1988).

Si bien Perú se considera como el centro de diversificación de esta especie, el conjunto de evidencias favorecen a Méjico como la fuente del tomate cultivado. La especie ya había alcanzado un alto grado de domesticación antes de que fuera introducida en Europa, a principios del siglo XVI. Posteriormente en Europa, el proceso de domesticación involucró la evolución de un sistema de autocruzamiento obligado, por lo que la mayoría de las accesiones son líneas puras (Peralta & Spooner 2006).

Numerosos autores han planteado la escasa variabilidad genética en el tomate cultivado como consecuencia del proceso de domesticación y generación de variedades (Bai & Lindhout 2007; Foolad 2007). En este proceso los efectos de sucesivos “cuellos de botella” y “eventos fundacionales” asociados a la acción de la selección natural y artificial y la reproducción autógama han reducido notablemente la variabilidad de la especie, representada en los cultivares modernos. Se ha estimado que sólo el 5% de la variación genética actual dentro del ex género *Lycopersicon* puede ser encontrada dentro de *S. lycopersicum*. No obstante, una gran cantidad de polimorfismo ha sido revelada mediante marcadores moleculares en los tomates silvestres, siendo *Solanum habrochaites* Knapp and Spooner (syn. *Lycopersicon hirsutum*) una de las especies que tiene mayor variabilidad genética (Bretó *et al.* 1993; Bai & Lindhout 2007).

El estudio de especies silvestres emparentadas con las cultivadas ha demostrado la existencia de muchos caracteres deseables para la agricultura. Diferentes especies han aportado genes de resistencia, de tolerancia a diferentes tipos de estrés, propiedades nutraséuticas; en otros casos los genomas exóticos han contribuido a la adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (Seah *et al.* 2004; Zamir *et al.* 1999; Schauer *et al.* 2006). El uso de germoplasma silvestre para la mejora del tomate se inició en Estados Unidos a fines de 1930 con la exploración de fenotipos de especies silvestres para ampliar su base genética (Rick 1986; Sim *et al.* 2012). Más aún, diferentes trabajos basados en cruzamientos interespecíficos, han puesto en evidencia la posibilidad de obtener fenotipos de valor agronómico o comercial, no predecibles a partir de los fenotipos parentales (Bernacchi *et al.* 1998; Gilardón *et al.* 2004; Rodríguez *et al.* 2010). La gran diversidad genética en las especies silvestres promete muchos más aportes a la mejora genética del tomate.

Sin embargo, la brecha genética entre el germoplasma elite y el silvestre hace necesaria una instancia de premejoramiento (Beretta & Rivas 2001). La premejora se basa en la introgresión de genes, es decir, la integración estable de material genético de una especie en otra a través de cruzamientos y repetidas retrocruzas (Rieseberg & Wendel 1993). Este método se ha utilizado en la premejora de diversas especies para transferir variadas características favorables a materiales adaptados (Gur & Zamir 2004, González-Belinchón *et al.* 2005; Vallejo Cabrera *et al.* 2008).

Esta etapa es una actividad intermedia entre la conservación de germoplasma y su utilización (Cooper *et al.* 2001); dando como resultado materiales “genéticamente valorizados”. Estos materiales pueden ser incorporados en los programas de mejora como líneas parentales, ampliando así la base genética de las especies cultivadas (FAO 1997; Jaramillo & Baena 2000).

Luego de la introgresión, la mejora prosigue con el mejoramiento clásico o la aplicación de Selección Asistida por Marcadores (MAS), que es un método por el cual se seleccionan fenotipos basados en el genotipo de un/unos marcadores genéticos (Collard *et al.* 2005). La identificación, aislamiento y clonación de genes, seguidos por la transferencia mediante biotecnología, es un método más rápido de incorporar genes específicos en materiales ya mejorados.

## Mejoramiento de Tomate en la Universidad Nacional de Salta

El Programa de Mejora Genética de Tomate que se lleva a cabo en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, mediante cruzamientos interespecíficos ha generado líneas de premejora con introgresión de genes silvestres en *Solanum lycopersicum*. El objetivo inicial fue la introducción de genes de resistencia a la polilla (*Tuta absoluta* Meyr), plaga importante en el país. Como parentales se utilizaron *Solanum lycopersicum* cv. Uco Plata INTA y la línea FCN3-5 de *Solanum habrochaites*, proveniente de la accesión PI 134417 (Banco de Germoplasma de la Universidad de Cornell) seleccionada para resistencia a la polilla. Dos de las líneas de premejora obtenidas, FCN93-6-2 y FCN13-1-6-1 incorporaron un alto nivel de resistencia a la polilla (*Tuta absoluta* Meyr), y araña ( *Tetranychus urticae* Koch) (Gilardón *et al.* 2002; 2004). En la actualidad estas líneas se encuentran en proceso de inscripción en el INASE.

La evaluación de caracteres de calidad de fruto se considera de interés para el uso de estas líneas como recurso para la mejora. El presente trabajo sintetiza los resultados referidos a caracteres de calidad de fruto en diferentes ensayos.

## Caracterización molecular de las líneas de premejora

La obtención de las líneas FCN13-1-6-1 y FCN93-6-2 implicó no sólo retrocruzas, sino también cruzamientos dirigidos, poliacruzamientos y selección para resistencia y fertilidad. Esta historia compleja hace difícil estimar *a priori* el porcentaje de genoma de *S. habrochaites* incorporado, presentando diferencias en algunos caracteres morfológicos, de resistencia y productividad.

El uso de 130 marcadores microsatélites (SSR) (Sol Genomics Network) y AFLPs, indican reducida similitud entre los parentales (0,324) y elevada similitud genética (Índice de Jaccard) de ambas líneas con el parental Uco Plata (0,944 y 0,969 para FCN93-6-2 y FCN13-1-6-1 respectivamente).

Los resultados de los SSR (Caruso *et al.* 2008), han permitido localizar algunos segmentos cromosómicos introgresados en ambas líneas. En FCN13-1-6-1, la tasa de introgresión fue de 3,64% en el cromosoma 4 (SSR555 y SSR214) y 9 (SSR99). En FCN93-6-2, la tasa de introgresión fue de 3,51%, en los cromosomas 5 (SSR 162) y 11 (SSR80 y SSR67). Ambas líneas presentan diferentes introgresiones, por lo que las cualidades fenotípicas compartidas con respecto a larga vida en estantería y resistencia a insectos podrían tener bases genéticas diferentes. Es posible también, que otros segmentos menores del genoma de *S. habrochaites* se hayan incorporado en ambas líneas, aunque aún no han sido detectados.

Requiere especial explicación la presencia de nuevos alelos de SSR flanqueando las regiones introgradadas en las líneas de premejora. Posiblemente la presencia de los nuevos alelos sea consecuencia de entrecruzamientos desiguales en la meiosis y rearreglos, ocurridos debido a las diferencias genéticas entre los genomas. Esta variabilidad, que se mantuvo en las poblaciones segregantes derivadas podría utilizarse para el mapeo de QTL. Asimismo, diferentes trabajos han puesto de manifiesto el posible efecto sobre la regulación de genes vinculada a las mutaciones de microsatélites (Li *et al.* 2002; Ellegre 2004).

### Análisis de caracteres de calidad de fruto

Al igual que en otras plantas, en el tomate muchos caracteres de interés agronómico presentan variación continua, herencia poligénica y, a menudo, una fuerte interacción con el ambiente. El uso de marcadores mapeados puede facilitar la determinación del número, localización cromosómica y efectos génicos de los loci que afectan estos caracteres (QTLs, Quantitative Trait Loci) (Moore *et al.* 2002; Causse *et al.* 2004; Frary *et al.* 2005; Lippman *et al.* 2007; Stevens *et al.* 2007).

La calidad de fruto ha sido de particular interés en la mayoría de los programas de mejora desde finales del siglo pasado. En ensayos conducidos por este Programa se han evaluado diversos caracteres de calidad de fruto: peso, forma, color, vida en estantería, forma de maduración (consistencia y deshidratación), contenido de sólidos solubles y de licopeno (Broglia *et al.* 2009; Romero *et al.* 2009; Broglia *et al.* 2011; Caruso *et al.* 2011; Quipildor *et al.* 2012; Caruso *et al.* 2013).

El tamaño es un carácter con fuerte influencia ambiental, habiéndose obtenido resultados diferentes en ensayos de distintos años. En algunos ensayos las líneas de premejora presentaron menor peso promedio (FCN13-1-6-1=29,94 g; FCN93-6-2=) que Uco Plata (87,70 g). Si bien esta diferencia no fue significativa en otros ensayos, el tamaño podría ser uno de los caracteres a mejorar, dado los requerimientos del mercado local, aunque hay una marcada tendencia en los mercados europeos a preferir frutos de menor tamaño. La asociación con dos marcadores ligados en el cromosoma 9 indican que en ese sector habría al menos un gen con efecto sobre el peso del fruto, siendo el aporte de FCN3-5 negativo. Causse *et al.* (2004) y Passam *et al.* (2007), entre otros autores, han reportado QTL para este carácter en diferentes cromosomas de tomate, incluyendo al cromosoma 9.

Con respecto a la forma, los frutos de ambas líneas son más redondos que los de Uco Plata, detectándose diferencias significativas. La coloración tiene destacada influencia en su comercialización (Clément *et al.* 2008). Ambas líneas tienen, en promedio, frutos de color rojo más intenso (escala cualitativa) que Uco Plata. Cabe señalar que los frutos de *S. habrochaites* son verdes, por lo que la mejora seguramente tiene que ver con efectos epistáticos y pleiotrópicos.

El color final del fruto está condicionado por la cantidad total y la proporción de diferentes carotenoides, de los que el licopeno es el principal, constituyendo el atributo de calidad más importante del tomate maduro. El tomate, es la principal fuente de licopeno, un potente antioxidante natural, cuya demanda está incrementando debido a sus beneficios sobre la salud. Un objetivo importante de muchos programas de mejora es desarrollar cultivares con alto contenido de licopeno (Passam *et al.* 2007). La línea FCN13-1-6-1 presenta mayor concentración de licopeno que Uco Plata, por lo que podría utilizarse como aporte de genes para incrementar tanto la intensidad del color como el contenido de licopeno.

Las heredabilidades en sentido amplio de los caracteres color, peso y forma fueron de 0,23, 0,37 y 0,21 respectivamente. En estos caracteres se encontró segregación transgresiva en ambos extremos. Se destaca el hallazgo de un marcador (SSR214) en el cromosoma 4 asociado a la forma del fruto, tanto medida en forma cualitativa (Según descriptor del IPGRI, S1) como cuantitativa, (relación altura/diámetro mayor, S2) (S1:  $F=3,39$ ;  $p=0,037$ - S2:  $F=3,89$   $p=0,024$ ).

Los tomates para consumo fresco son cosechados en estado "verde maduro" o estado "breaker", completándose la maduración antes de la venta, lo que reduce la calidad esperada por los consumidores. Esto previene el daño de los frutos postcosecha por causas bióticas y físicas. En las últimas dos décadas numerosos estudios han identificado componentes críticos involucrados en la maduración (etileno) y ablandamiento del fruto (enzima galacturonasa (PG)). También se han identificado varios genes vinculados a la maduración como *Nr* (never ripe), *nor* (nonripening) y *rin* (ripening inhibitor) localizados en los cromosomas 9, 10 y 5 respectivamente. Estos genes se han usado en heterocigosis para desarrollar líneas y cultivares con frutos de mayor firmeza, retardo en la maduración y larga vida en estantería (de Vicente *et al.* 2007; Labate 2007; Meli *et al.* 2010).

Tanto FCN13-1-6-1 como FCN93-6-2 presentan frutos con mayor vida en estantería (36,87 días y 54,73 días respectivamente) que Uco Plata (29,28 días) (ensayo 2009-2010), resultados que, con diferencias superiores, se repitieron en diferentes ensayos (2007, 2008).

El carácter vida en estantería tiene fuerte influencia ambiental, así, las heredabilidades en sentido amplio, variaron entre 0,31 (2009-2010) y 0,59 (2007). El análisis de los efectos génicos permite pensar en una acción génica aditiva, con dominancia de la mayor vida en estantería y segregación transgresiva ( $p<0.0001$ ), con valores en F2 muy superiores a los de los parentales, resultados de importancia para su aplicación en mejoramiento.

La Vida en Estantería (VE) es un carácter complejo, por lo que su comprensión requiere de la evaluación de diversos componentes. Para ello se han estudiado otras variables: forma de maduración del fruto (consistencia y grado de deshidratación al momento de descarte) y firmeza de los frutos, complementándose la información con estudios histológicos.

La consistencia mide el grado de dureza del fruto, al momento de decidir su descarte para consumo; la deshidratación se evalúa en forma cualitativa como el grado de arrugamiento de la piel o en forma cuantitativa como el porcentaje de peso perdido. Los frutos de la línea FCN13-1-6-1 son más duros que los de Uco Plata, aunque no presentan diferencias en la deshidratación. Ambos caracteres, consistencia y deshidratación mostraron en la F2 segregación transgresiva con valores superiores a lo esperado tanto en dureza como textura lisa de la piel, rasgos deseados comercialmente. La heredabilidad en sentido amplio fue 0,21 para ambos caracteres.

Vida en Estantería, Consistencia y Deshidratación estuvieron significativamente correlacionados: frutos más duros, se arrugan superficialmente y tienen mayor Vida en Estantería. También se reportó correlación negativa entre Consistencia y Color ( $r=-0,10$ ,  $p<0,0001$ ). Esta asociación dificulta el mejoramiento, ya que es deseable reunir color más intenso y mayor dureza y vida en estantería.

El carácter Deshidratación presenta asociación significativa con los tres marcadores del cromosoma 4; en esa región podrían encontrarse uno o más genes vinculados con características que favorecen la pérdida de agua durante el ablandamiento y envejecimiento del fruto.

Los resultados de los análisis de las líneas de premejora indican que dentro de los componentes vinculados a la duración del fruto luego de la cosecha, se pueden considerar: el espesor de la cutícula, la presencia, tipo y distribución de ceras epicuticulares y el espesor de la pared celular, variables que fueron estudiadas histológicamente.

El estudio histológico de la Pared Tangencial Externa (parte de la cubierta constituida por ceras epicuticulares, membrana cuticular, cutícula y una capa de pared celular tangencial externa) mostró que en FCN93-6-2 presenta mayor espesor, seguida por FCN13-1-6-1. Los estudios de una F2 derivada de FCN13-1-6-1 y Uco Plata indican que esta característica se correlaciona con la mayor Vida en Estantería ( $r=0,48$   $p=0,005$ ) (Isola *et al.* 2008). Al igual que muchos de los otros caracteres estudiados, se evidencia segregación transgresiva. El análisis de imágenes por microscopía electrónica reveló que Uco Plata tiene una densa distribución de fragmentos más grandes de ceras en la cutícula que FCN13-1-6-1, hecho que podría estar relacionado con las diferencias observadas en la deshidratación.

Whaley-Emmons & Scott (1997) proponen que características, como la composición y espesor, de la cutícula podrían influir en su fisiología y propiedades biomecánicas, lo que afectaría la Vida en Estantería. Estas diferencias también podrían incidir en la sanidad del fruto al variar la resistencia a la entrada de patógenos (Matas *et al.* 2004; Bargel & Neinhuis 2005).

Las propiedades biomecánicas de la cutícula se evaluaron mediante un sensor de fuerzas que registra la fuerza necesaria para causar la ruptura de la cutícula, registrándose también medidas de su deformación. Los resultados indican que FCN93-6-2 con larga vida en estantería y cutícula de mayor espesor requiere mayor fuerza de ruptura. FCN13-1-6-1 también con larga vida en estantería tiene cutícula de espesor intermedio, y mayor resistencia a la ruptura y menor capacidad de deformación que Uco Plata, cultivar que presenta una cobertura paradérmica más débil y más elástica. Estas características (junto con las de la pared tangencial externa) podrían explicar parte de la mayor vida en estantería en las líneas de premejora.

El contenido de los sólidos ha recibido gran atención debido a su importancia nutricional. Los sólidos solubles dan cuenta del 75% del total de sólidos, siendo los azúcares reductores (glucosa y fructosa) los mayores componentes. Tanto los sólidos solubles como los insolubles están relacionados con los productos concentrados y el rendimiento y la calidad de ciertos productos procesados están determinados por el contenido de azúcar del fruto. Un contenido superior de azúcar incrementa el gusto y sabor de los frutos frescos.

Resultados parciales de la Línea FCN13-1-6-1 indican un significativo aumento del contenido de sólidos solubles (8,16 °Brix) con respecto a Uco Plata (5,36 °Brix). En los cultivares comerciales el contenido de sólidos solubles está entre 4,6% (para mercado fresco) y 6,3% (para la industria) del peso fresco. Sin embargo accesiones de especies silvestres han mostrado valores muy superiores (9-15%) de sólidos solubles. Los mejoradores ha tenido limitado éxito en incrementar los sólidos solubles o combinar elevada cantidad de sólidos solubles con rendimiento superior, en parte debido a la correlación negativa con el peso (Foolad 2007). Diferentes estudios han identificado QTLs para superior contenido de sólidos solubles en tomate, utilizando diferentes poblaciones interespecíficas.

## Conclusiones

Los resultados vinculados a caracteres de calidad de fruto ponen en evidencia la importancia de la utilización de los recursos

genéticos provenientes de germoplasma silvestre en la ampliación de la base genética del tomate cultivado, generando no sólo mayor variabilidad, sino también dando lugar a la manifestación de fenotipos de mayor valor agronómico o comercial. Las introgresiones del genoma de *S. habrochaites* han mostrado su efecto sobre la variabilidad en todos los caracteres evaluados, en muchos casos con mejora respecto al genoma del parental cultivado. Sin embargo, es importante continuar con las evaluaciones tanto fenotípicas como moleculares a fin de avanzar en la mejora facilitada por el uso de marcadores moleculares, y de este modo reunir los genes ventajosos y eliminar aquellos en los que la influencia de las introgresiones puede ser negativa.

## Referencias

- Bai, Y. & Lindhout, P. 2007. Domestication and breeding tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.
- Bargel, H. & Neinhuis, C. 2005. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. *Journal of Botany* 56(413): 1049-1060.
- Beretta, A. & Rivas, M. (Coord). 2001. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR. Uruguay. 177pp.
- Bernacchi, D.; Beck-Bunn, T.; Eshed, Y.; Lopez, J.; Petiard, V.; Uhlig, J.; Zamir, D & Tanksley, S. 1998. Advanced backcross QTLs analysis in tomato. I. Identification of QTLs for traits of agronomic importance from *Lycopersicon hirsutum*. *Theor. Appl. Genet.* 97: 381-397.
- Bretó, M.P.; Asins, M.S. & Carbonell, E.A. 1993. Genetic variability in *Lycopersicon* species and their genetic relationships. *Theor. Appl. Genet.* 86: 113-120.
- Broglio, V.; Caruso G.; Pocovi, M.; Hernández, C. & Méndez Pacheco, C. 2011. Análisis Genético de Caracteres de Calidad de Fruto en Tomate. *Actas XL Congreso Argentino de Genética* 1: 207-208.
- Broglio, V.; Caruso, G.; Hernandez, C. & Pocovi, M. 2013. Evaluación de la Calidad de Fruto en una Línea de Tomate con Intogresión de Germoplasma Silvestre. *Actas XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica*. [http://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=andid=22622andinst=-yesandcongresos=yesanddetalles=yesandcongr\\_id=2130897](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=andid=22622andinst=-yesandcongresos=yesanddetalles=yesandcongr_id=2130897). Diciembre 2014.
- Broglio, V.; Caruso, G.; Pocovi, M.; Hernandez, C. & Gilardon E. 2009. Caracterización fenotípica y genética de una línea de premejora de tomate. *Horticultura Argentina* 28(67): 66-67.
- Caruso, G.; Pocovi, M.I. & Gilardón, E. 2008. Estimación de la variabilidad genética en germoplasma de tomate. *Actas XXXII Congreso Argentino de Genética, Tandil*.
- Caruso G, V Broglio, M Pocovi & C Méndez Pacheco. 2011. Detección de SSR asociados a caracteres de calidad de fruto en tomate. *Actas XL Congreso Argentino de Genética*. 1:206-207.
- Caruso, G.; Broglio, V. & Pocovi, M. 2013. Marcadores microsatélites asociados a componentes del color y contenido de licopeno en frutos de tomate. *RedBio* 2013. VIII Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología.
- Causse, M.; Duffe, P.; Gomez, Mc.; Buert, M.; Damidaux, R.; Zamir, D.; Gur, A.; Chevalier, C.; Lemaire-Chamley, M. & Rothan, C. 2004. A genetic map of candidate gene and QTLs

- involved in tomato fruit size and composition. *J. Exp. Bot.* 55(403): 1671-1685.
- Collard, B.C.Y.; Jhufer, M.Z.Z.; Brouwer, J.V. & Pang, E.C.K. 2005. An introduction to markers quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The basic concepts. *Euphytica* 142: 169-196.
- Cooper H.F.; Spillane C. & Hodgkin T. 2001. Broadening the genetic base of crops: an overview. En: Cooper H.D., Hodgkin T., Spillane C. (Eds.). *Broadening the genetic base of crops production*. IPGRI yFAO,1-23.Consultado en: <https://books.google.com.ar/books?hl=esandlr=andid=LFgPKagzJ2I-Candoi=fndandpg=PR3anddq=cooper+2001+broadin-gandots=MdWeyY9XQSandsig=Dsn1GPuXzp3wNoSmVvoL4ekgwfl#v=onepageandq=cooper%202001%20broadin-gandf=false>. Marzo 2015.
- de Vicente, M.C. & Tanksley, S.D. 1993. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* 134: 585-596
- Ellegre, H. 2004. Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews- Genetics* 5: 435-445.
- Foolad, M. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics* Vol 2007, Art ID 64358, pp52.
- Frary, A.; Xu, Y.; Liu, J.; Mitchell, S.; Tedeschi, E & Tanksley, S. 2005. Development of a set of PCR-based anchor markers encompassing the tomato genome and evaluation of their usefulness for genetics and breeding experiments. *Theor. Appl. Genet.* 111: 291-312.
- Gilardón, E. 2007. Agricultural important genes derived from a cross between *Solanum lycopersicum* L. and *S. habrochaites* Knapp and Spooner (Solanaceae) : 182-186. In Barbosa L M, dos Santos J N A (orgs) *A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais*. Sociedade Botânica do Brasil, São Paulo, pp 680.
- Gilardón, E.; Gorustovich, M.; Collavino, G.; Hernández, C.; Pocoví, M.; Bonomo, C. & Olsen, A. 2002. Resistencia de líneas de tomate a la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyr.) en laboratorio y a campo. *Revista Investigación Agraria. Serie Producción y Protección Vegetales INIA* 17(1): 35-42.
- Gilardón, E.; Pocoví, M.; Hernández, C.; Collavino, G. & Broglia, V. 2004. Long shelf-life in tomato breeding lines derived from an interspecific crossing. In: *Book of Abstracts of The First Solanaceae Genome Workshop*. Wageningen, The Netherlands, Sept. 19-21: 80.
- González-Belinchón, C.M.; Delibes, A.; López-Braña, I.; Moreno-Vázquez, S. & Simonetti, E. 2005. Selección y caracterización molecular y agronómica de trigos hexaploides portadores de genes de resistencia a “*Heterodera avenae*” y/o “*Mayetiola destructor*” transferidos desde “*Aegilops*”. *Phytoma España*: 186 :72-75.
- Gur, A. & Zamir, D. 2004. Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biol* 2(10):1610-1615. Consultado en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC514488/>
- Isola, M. & Broglia, V. 2008. Análisis histológico de la pared tangencial externa de frutos de tomate de líneas de premejora. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Ed UNSa. 60pp. Consultado en: [http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_seeandid=12263](http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac_css/index.php?lvl=author_seeandid=12263). Diciembre 2014.
- Jaramillo, S. & Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. Consultado en: <http://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/material-de-apoyo-a-la-capacitacion-en-conservacion-ex-situ-de-recursos-fitogeneticos>. Febrero de 2015.
- Labate, J.A.; Grandillo, S.; Fulton, T.; Munos, S.; Caicedo, A.L.; Peralta, I.; Ji, Y.F.; Chetelat, R.T.; Scott, J.W.; Gonzalo, M.J.; Francis, D.; Yang, W.C.; Knaap, E.; Baldo, A.M.; Smith-White, B.; Mueller, L.A.; Prince, J.P.; Blanchard, N.E.; Storey, D.B.; Stevens, M.R.; Robbins, M.D.; Wang, J.F.; Liedl, B.E.; O’Connell, M.A.; Stommel, J.R. & Aoki, K. 2007. Tomato. In: Kole C (ed) *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Springer, Berlin pp 1–125.
- Li, Y.C.; Korol, A.B.; Fahima, T.; Beiles, A. & Nevo, E. 2002. Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review. *Molecular Ecology* 11: 2453-2465.
- Lippman, A.B.; Semel, Y & Zamir, D. 2007. An integrated view of quantitative trait variation using tomato interspecific introgression lines. *Currents Opinion in Genetics and Development* 17: 1-8.
- Matas, A.J.; Cobb, E.D.; Bartsch, J.A.; Paolillo, D.J. & Niklas, K.J. 2004. Biomechanics and anatomy of *Lycopersicon esculentum* fruit peels and enzyme-treated samples. *Am. J. Bot.* 91: 352–360.
- Meli, V.S.; Ghosh, S.; Prabha, T.N.; Chakraborty, N.; Chakraborty, S. & Datta, A. 2010. Enhancement of fruit shelf life by suppressing N-glycan processing enzymes. *PNAS* 107(6): 2413-2418.
- Moore, S.; Vrebalov, J.; Payton, P. & Giovannoni, J. 2002. Use of genomics tools to isolate key ripening genes and analyses of fruit maturation in tomato. *J. Exp. Bot.* 53(377): 2023-2030.
- Passam, H.C.; Karapanos, I.C.; Bebeli, P.J. & Savvas, D. 2007. A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(1): 1-21.
- Peralta, M. E. & Liverotti, O. 2015. Evolución de los volúmenes de ingreso de Tomate al Mercado Central de Buenos Aires. Año 2014. Diversidad de variedades de Tomates en la oferta del MCBA. *Boletín Electrónico de Tomate* N 33. Consultado en: .
- Peralta, I.E. & Spooner, D.M. 2006. History, Origin and Early Cultivation of Tomato (Solanaceae). In *Genetic Improvement of Solanaceous Crops* V2: 1-24.
- Quipildor, V.; Caruso, G. & Broglia, V. 2012. Análisis de la coloración y contenido de licopeno en frutos de tomate. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Ed UNSa. 60pp. Consultado en: [http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_seeandid=13576](http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac_css/index.php?lvl=author_seeandid=13576). Diciembre 2014.
- Rick, C.M. 1986. Germplasm resources in the wild tomato species. *Acta Hort.* (190): 39–48.
- Rick, C.M. & Yoder, J.I. 1988. Classical and molecular genetics of tomato: highlights and perspectives. *Annu. Rev. Genet.* (22): 281-300.
- Rieseberg, L.H. & Wendel, J.F. 1993. Introgression and its consequences in plants. In: Harrison RG, editor. *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford University Press: 70–109.
- Rodríguez, G.R.; Pratta, G.; Zorzoli, R. & Picardi, L. 2010. Factores genéticos que afectan la calidad del fruto de tomate.

- Anales de Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria LXIV: 451-463.
- Romero, G.; Martínez, C., Alanis, E., Broglio, V. & Alvarez L. 2009. Bio-Speckle Activity Applied To The Assessment Of Tomato Fruit Ripening. *Biosystem Engineering* 103(2009) 116–119.
- Schauer, N.; Semel, Y.; Roessner, U.; Gur, A.; Balbo, I.; Carrari, F.; Pleban, T.; Perez–Melis, A.; Bruedigam, C.; Kopka, J.; Willmitzer, L.; Zamir, D. & Fernie, A.R. 2006. Comprehensive metabolic profiling and phenotyping of interspecific introgression lines for tomato improvement. *Nat. Biotechnol.* 24: 447–454.
- Seah, S.; Yaghoobi, J.; Rossi, M.; Gleason, C.A. & Williamson, V.M. 2004. The nematode-resistance gene, Mi-1, is associated with an inverted chromosomal segment in susceptible compared to resistant tomato. *Theor. Appl. Genet.* 108: 1635–1642.
- Sim, S.C; Van Deynze, A.; Stoffel, K.; Douches, D.S.; Zarka, G.; Ganai, M.; Chetelat, R.T; Hutton, S.F; Scott, J.W.; Gardner, R.G.; Pantheer, D.R.; Mutschler, M.; Myers, J.R. & Francis, D.M. 2012. High-density SNP Genotyping of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) reveals patterns of genetic variation due breeding. *PLoS ONE*, 7(9): e45520. doi:10.1371/journal.pone.0045520.
- SOL GENOMICS NETWORK. Consultado en <http://www.sgn.cornell.edu>. Mayo 2015.
- Stevens, R.; Bureo, M.; Duffé, P.; Garchery, C.; Baldet, P.; Rothan, C. & Causse, M. 2007. Candidate genes and quantitative trait loci affecting fruit ascorbic acid content in three tomato populations. *Plant Physiology* 143: 1943-1953.
- Vallejo Cabrera, F.A.; Restrepo Salazar, E.F. & Lobo Arias, M. 2008. Resistencia al perforador del fruto del tomate derivada de especies silvestres de *Solanum* spp. *Rev.Fac.Nat. Agr. Medellín.* 61(1): 4316-4324.
- Whaley-Emmons, C. & Scott, J.W. 1997. Environmental and physiological effects on cuticle cracking in tomato. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 122(6): 797-801.
- Williamson, V.M.; Ho, J.Y.; Wu, F.F.; Miller, N. & Kaloshian, I. 1994. A PCR-based marker tightly linked to the nematode resistance gene, Mi, in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 87:757-763.
- Zamir, D.; Grandillo, S. & Tanksley, S.D. 1999. Genes from wild species for the improvement of yield and quality of processing tomatoes. *Acta Hort.* 487: 285–288.

# Tolerancia al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento en semillas de tres especies nativas del Noroeste Argentino

## *Seed ultra-dry tolerance and storage temperature of three native species from northwestern Argentina*

María Manuela Urtasun, Eugenia Mabel Giamminola & Marta Leonor de Viana

Banco de Germoplasma de Especies Nativas (BGEN), Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH). CIUNSA. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 (4400) Salta. mmurtasun@gmail.com

Recibido: 06/05/2015 Aceptado: 07/09/2015

### Resumen

La conservación de semillas ortodoxas en bancos de germoplasma se basa en la disminución del contenido de humedad (CH) de las semillas hasta un 3-5% y en el almacenamiento a bajas temperaturas (-20°C). Sin embargo, se ha propuesto que si las semillas toleran la desecación hasta ultrasecado (CH<3%), la longevidad de las mismas podría aumentar y no sería necesario el almacenamiento a bajas temperaturas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento de las semillas de tres especies nativas: *Cedrela balansae*, *Cercidium praecox* y *Prosopis nigra*. Se determinó el CH de las semillas frescas, se realizaron ensayos de germinación con semillas frescas, ultrasecadas y ultrasecadas y almacenadas al menos durante 28 meses en diferentes temperaturas (-20, 5 y 25°C). Los porcentajes de germinación fueron superiores al 74% en todos los casos, independientemente de la temperatura de almacenamiento. Estos resultados indican que las semillas de las tres especies estudiadas toleran el ultrasecado y pueden ser almacenadas a temperatura ambiente sin perder viabilidad. El ultrasecado permitiría el ahorro e independencia de energía y constituye una alternativa especialmente en países en los que hay interrupciones en el suministro de electricidad, además de contribuir al conocimiento de nuestras especies nativas.

**Palabras clave:** semillas, ultrasecado, contenido de humedad, conservación *ex situ*, germinación

### Abstract

The conservation of orthodox seeds in genebanks is based in the decrease of seeds moisture content (MC) to 3-5% and storage at low temperatures (-20°C). However, if seeds are tolerant to ultra-dry desiccation (<3% CH), their longevity could improve and low temperatures storage would not be necessary. The aim of this work was to assess seeds ultra-dry tolerance as well as the effect of storage temperature of three native tree species: *Cedrela balansae*, *Cercidium praecox* y *Prosopis nigra*. We determined the moisture content the fresh seeds. We carried out germination assays with fresh, ultradried and ultradried and stored seeds (more than 28 months in different temperatures: -20, 5 and 25°C). *P. nigra*, *C. praecox* and *C. balansae* seeds are tolerant to ultra-drying since germination percentages exceeded 74%, regardless the storage temperatures. Ultra-drying seeds allows saving energy, so can be an alternative especially in countries where there are interruptions in the electricity supply, and is a contribution to the knowledge of ours native species.

**Key Words:** seeds, ultra-drying, moisture content, *ex situ* conservation, germination

## Introducción

El almacenamiento de semillas ortodoxas en bancos de germoplasma es el método de conservación *ex situ* y a largo plazo más ampliamente utilizado. La FAO (2010) reportó la existencia de más de 1750 bancos destinados a la conservación *ex situ* de la diversidad de plantas, aunque la mayoría conserva cultivos y sus congéneres silvestres. A partir del Convenio de Diversidad Biológica, comienza un mayor énfasis en la conservación *ex situ* de las especies silvestres, aunque la información todavía es escasa (Walters 2015). Uno de los objetivos incluidos en la “Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales” es que al menos el 75% de las especies de plantas globalmente amenazadas estén incluidas en las colecciones *ex situ* y que para el año 2020 al menos el 20% esté disponible para programas de restauración y recuperación (Pérez García *et al.* 2006; Hay & Probert 2013).

La conservación de semillas en los bancos de germoplasma se realiza siguiendo los criterios propuestos por Hong *et al.* (1998) aunque estos estándares fueron establecidos principalmente para las especies cultivables. Tradicionalmente, la conservación de semillas ortodoxas en los bancos se basa en la disminución del contenido de humedad (CH) hasta un 3-5% y bajas temperaturas (-20°C) durante el almacenamiento. Sin embargo, el costo de almacenar semillas a bajas temperaturas supera las posibilidades de muchos países en desarrollo (Li *et al.* 2008).

Algunos autores propusieron que la disminución del CH a niveles inferiores al 3% (ultrasecado) podría aumentar la longevidad de las semillas y en tal caso, el requerimiento de almacenamiento a bajas temperaturas no sería necesario (Hong *et al.* 1998; Shen & Qi 1998; Gómez-Campo 2007; Pérez-García *et al.* 2008). Esto disminuiría los costos involucrados en la conservación y mantenimiento de las accesiones, generando un beneficio económico y permitiendo conservar los recursos fitogenéticos en poblaciones locales y sin acceso a servicios de electricidad, por lo que en los últimos años, este tema comenzó a recibir mayor atención (Hong *et al.* 1998; Enoch *et al.* 2004; Li *et al.* 2007, 2008).

En contraposición se propuso que el ultrasecado podría ser perjudicial para las semillas por posibles daños a nivel celular ocasionados por una rápida absorción de agua durante la germinación y la probabilidad de daño sería mayor cuanto más bajo sea su CH (Hong *et al.* 1998; Méndez-Natera *et al.* 2008). Sin embargo son pocos los trabajos que se realizaron sobre este tema especialmente en especies nativas.

Argentina es uno de los 25 países con mayor riqueza de especies, endemismos y diversidad de unidades biogeográficas del mundo, relacionada con la variación latitudinal y altitudinal (Caldecott *et al.* 1996; FAO 2008). Zuloaga *et al.* (1999) registraron alrededor de 9.938 plantas vasculares de las cuales aproximadamente el 18% son endémicas. A nivel regional, el NOA es una de las áreas con mayor diversidad biológica y endemismos, abarcando la provincia de Salta el 32 % de la flora del país.

La aceleración de los procesos de cambio en los usos del suelo y el avance de la frontera agropecuaria en los últimos años son alarmantes con relación a la pérdida de ambientes y biodiversidad. Además, la deforestación, la degradación y la erosión genética han sido especialmente importantes en el noroeste argentino. Por ejemplo, en la Provincia de Salta la deforestación ascendió a 590.241 ha entre 1989 y 2004 y en los dos años previos a la aprobación de la Ley de Bosques N° 26.331 (2006 y 2007), la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible habilitó 527.738 ha para proyectos agrícola-ganaderos que involucran desmontes, la mayoría en el Chaco Salteño (de Viana 2009; de Viana & Morales-Poclava

2010). Esto pone de manifiesto la necesidad urgente de realizar, continuar y profundizar los estudios tendientes a la conservación de nuestros recursos fitogenéticos nativos, ya que además su estado de conservación es incierto.

En este sentido, y considerando que la mayoría de las especies nativas no se encuentran evaluadas con relación a su estado de conservación (IUCN 2015), el Banco de Germoplasma de Especies Nativas del Instituto de Ecología y Ambiente Humano (INEAH) de la Universidad Nacional de Salta, se dedica a la conservación *ex situ* a mediano y largo plazo de las especies nativas del NOA (de Viana *et al.* 2011). El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta al ultrasecado y a la temperatura de almacenamiento de las semillas de tres especies arbóreas nativas: *Cedrela balsanae*, *Cercidium praecox* y *Prosopis nigra*.

## Materiales y Métodos

*Cedrela balsanae* C. DC (Meliaceae), “Cedro Orán”. Se encuentra en la Selva de Transición o Selva Pedemontana en altitudes inferiores a los 700 m.s.n.m y su distribución abarca Paraguay y Argentina, en las provincias de Salta, Tucumán, Jujuy y Catamarca. Su madera blanda, fácil de trabajar, con buenas propiedades organolépticas es considerada valiosa (Martínez & Andrade 2006; Zuloaga *et al.* 2008). Si bien el estado de conservación de esta especie aún no ha sido evaluado (IUCN 2015), se ha sugerido que de las tres especies del género presentes en el NOA, su situación es la más delicada debido a las transformaciones y reducción de su área de distribución (Minetti 2006). Se recolectaron semillas (aproximadamente 7900) de siete árboles en el departamento de Orán en Agosto de 2009 (23°09' S, 64°19' O).

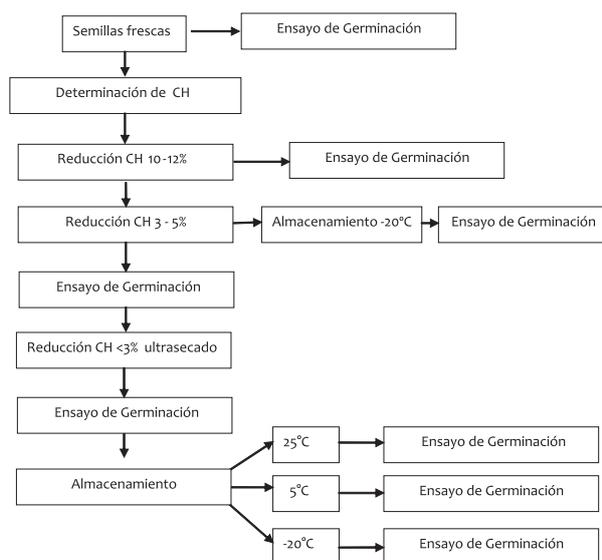
*Cercidium praecox* (Ruiz & Pav. Ex Hook) Harms (Fabaceae, Caesalpinoideae), “Brea”. Su distribución abarca Paraguay y Argentina, en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe, San Luis y Tucumán. Se la encuentra en los ambientes de bosque Chaqueño y de Monte en altitudes inferiores a los 2000 m.s.n.m. Presenta usos medicinales (antiemético y antigripal), forrajeros y alimenticios (exuda una resina similar a la goma arábiga) (Haene & Aparicio 2004; Perea *et al.* 2007; Bertuzzi *et al.* 2012; Suarez 2014). El estado de conservación de esta especie aún no ha sido evaluado (IUCN 2015). Se recolectaron semillas (aproximadamente 4600) de siete árboles en las cercanías del Embalse General Manuel Belgrano (departamento La Viña) en Diciembre de 2009 (25°16' S, 65°26' O).

*Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron (Fabaceae, Mimosoideae), “Algarrobo negro”. Su distribución abarca Brasil, Paraguay, Uruguay y en Argentina se distribuye desde el norte hasta el centro del país. Su madera y sus frutos presentan importantes usos en la industria maderera, alimenticia y forrajera (Haene & Aparicio 2004; Perea *et al.* 2007). Según la IUCN (2015) la información para categorizarla es insuficiente. Se recolectaron semillas (aproximadamente 7700) de diez árboles en las cercanías del Embalse General Manuel Belgrano (departamento La Viña) en Enero de 2009 (25° 19'S, 65° 19'O).

## Tolerancia al ultrasecado

Teniendo en cuenta que no existen protocolos específicos para determinar la tolerancia al ultrasecado de las semillas, se siguió la metodología de Hong *et al.* (1998) y Gómez-Campo (2006) con modificaciones propuestas en este trabajo. El protocolo consiste en determinar el CH de las semillas frescas, evaluar su germinabilidad con distintos CH (frescas, 10-12%, 3-5% y <3%) y almacenadas a -20 °C (con 3-5% CH). Cuando se alcanza el ultrasecado de las semillas (CH<3%) y si el poder germinativo supera el 70%,

se almacenan en distintas temperaturas -20, 5 y 25°C y luego de un período de almacenamiento se evalúa nuevamente el poder germinativo (Fig. 1) (Giamminola *et al.* 2012; de Viana *et al.* 2014).



**Fig. 1: Protocolo para determinar la tolerancia a la desecación y al ultrasecado de las semillas siguiendo la modificada de Hong *et al.* (1998) y Gómez-Campo (2006) modificado.**

Para cada especie el CH de las semillas frescas se determinó en base a la diferencia de pesos fresco y seco, empleando la metodología de secado a alta temperatura constante (3 hs en estufa a 130°C), con cuatro réplicas de entre 2-3 g de semillas (ISTA 2003). Para disminuir el CH, las semillas se colocaron en desecadores con sílica gel y una vez alcanzado el ultrasecado, se evaluó el poder germinativo y se almacenaron en frascos de vidrio sellados herméticamente durante un mínimo de 28 meses.

En este trabajo se evaluó la germinabilidad de las semillas frescas, ultrasecadas y almacenadas a -20, 5 y 25°C, ya que en estudios previos, las semillas de las tres especies fueron evaluadas como probablemente ortodoxas y se encuentran conservadas a -20°C en el BGEN para futuros estudios y/o intercambio con otras instituciones (Giamminola *et al.* 2012; de Viana *et al.* 2014).

Cada ensayo de germinación se realizó siguiendo un diseño completo al azar con cuatro réplicas de 25 semillas cada una, sembradas en bandejas plásticas con 500 g de arena esterilizada (en estufa a 230°C durante 24 horas). Antes del inicio de cada ensayo se aplicó fungicida (Nitrasoil 50) a las semillas para evitar el ataque de hongos. Durante los primeros días cada bandeja fue cubierta con una bolsa transparente con el fin de evitar la pérdida de humedad. Los ensayos se mantuvieron en una cámara de germinación durante 30 días a 25±1°C de temperatura, 45±5% de humedad relativa, 16 hs de fotoperiodo y se regaron con agua destilada. En *C. praecox* y *P. nigra* se realizó escarificación mecánica (incisión con alicate) (Giamminola *et al.* 2012). Para evitar daños por imbibición, las semillas ultrasecadas se mantuvieron en un ambiente saturado de humedad durante 24 hs a temperatura ambiente antes del inicio de cada ensayo (Hong *et al.* 1998). La variable respuesta fue el número de semillas germinadas (utilizando como criterio la emergencia de la radícula) y se expresó como porcentaje promedio de germinación al finalizar el experimento (PG) y tiempo medio de germinación (TMG) (Chen *et al.* 2007). Los datos se analizaron con ANOVA utilizando INFOTAT (Di Rienzo *et al.* 2013).

## Resultados

En *C. balansae* las semillas frescas presentaron un CH de 6.4±0.08% y un PG de 80%. El PG de las semillas ultrasecadas (95%) fue significativamente mayor que el de las frescas. Las semillas ultrasecadas y almacenadas presentaron un PG mayor a 74%, sin diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento ( $p=0.0043$ ;  $gl=4$ ;  $F=6.01$ ). El TMG fue significativamente menor en las semillas ultrasecadas y almacenadas a 5 y 25°C (6-7 días) que en las frescas y en las almacenadas a -20°C (aproximadamente 9 días) ( $p<0.0005$ ;  $gl=4$ ;  $F=33.98$ ) (Tabla 1).

Semillas	PG (%)	TMG
Frescas	80±1,6 a	9,5±0,5 a
CH <3%	95±2,5 b	6,1±0,1 b
Almacenadas a -20°C	78±5,2 a	9,5±0,1 a
Almacenadas a 5°C	74±3,5 a	6,9±0,2 c
Almacenadas a 25°C	81±1,9 a	6,8±0,2 bc

**Tabla 1: Porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de germinación (TMG en días) de semillas frescas, ultrasecadas y ultrasecadas y almacenadas de *C. balansae*. Letras distintas indican diferencias significativas  $p<0.001$ , ANOVA.**

En *C. praecox* las semillas presentaron un CH de 9.07±0.26%. El PG de las semillas frescas fue menor que el de las ultrasecadas y de las almacenadas, aunque en todos los casos superó el 84% ( $p=0.005$ ;  $gl=4$ ;  $F=5.72$ ). No se encontraron diferencias en el PG de las semillas ultrasecadas y almacenadas en las tres temperaturas estudiadas. El TMG de las semillas frescas y ultrasecadas fue bajo (<4 días) y aumentó significativamente con el almacenamiento (>9 días) ( $p<0.0001$ ;  $gl=4$ ;  $F=1161.06$ ) (Tabla 2).

Semillas	PG (%)	TMG
Frescas	84±1,6 a	3,4±0,2 a
CH <3%	94±2,6 b	2,0±0,1 b
Almacenadas a -20°C	98±1,2 b	10,1±0,03 c
Almacenadas a 5°C	95±3,8 b	10,0±0,1 c
Almacenadas a 25°C	98±2,0 b	9,8±0,1 c

**Tabla 2: Porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de germinación (TMG en días) en semillas frescas, ultrasecadas y almacenadas de *C. praecox*. Letras distintas indican diferencias significativas  $p<0.001$ , ANOVA.**

En *P. nigra* el CH de las semillas frescas fue de 11.2±0.13%. El PG de las semillas fue elevado y similar en todos los ensayos realizados, sin diferencias entre las temperaturas de almacenamiento (>83%) ( $p=0.007$ ;  $gl=4$ ;  $F=5.21$ ). Las semillas ultrasecadas y almacenadas en las tres temperaturas presentaron menor TMG (<3 días) que las frescas y ultrasecadas ( $p=0.0002$ ;  $gl=4$ ;  $F=11.61$ ) (Tabla 3).

Semillas	PG (%)	TMG
Frescas	90±2,6 ab	4,9±0,9 b
CH <3%	89±1 a	5,3±0,4 b
Almacenadas a -20°C	99±1 c	2,3±0,1 a
Almacenadas a 5°C	96±4 bc	2,3±0,1 a
Almacenadas a 25°C	100±0 c	2,4±0,04 a

**Tabla 3: Porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de germinación (TMG en días) en semillas frescas, ultrasecadas y almacenadas de *P. nigra*. Letras distintas indican diferencias significativas  $p<0.001$ , ANOVA.**

## Discusión

La tolerancia a la desecación de las semillas ortodoxas es la base para conservar *ex situ* y a largo plazo los recursos genéticos de la mayoría de las especies vegetales, aunque esta información es escasa especialmente para las especies silvestres (Hay & Probert 2013; Mira *et al.* 2014; Walters 2015).

La temperatura de almacenamiento y el contenido de humedad son factores claves para mantener el vigor y la viabilidad de las semillas (Chen *et al.* 2011), aunque algunos autores sostienen que el contenido de humedad es más importante que la temperatura de almacenamiento (Pérez García *et al.* 2006; Kumar *et al.* 2011). Kumar *et al.* (2011) reportaron que semillas ultrasecadas de *Raphanus sativus* almacenadas durante 14 años a 25°C, presentaron una disminución de la viabilidad de tan sólo 6% mientras que la pérdida de viabilidad fue total cuando el CH fue mayor al 7%. Es decir que el deterioro de las semillas durante el almacenamiento aumentó con el CH. Sin embargo, Chen *et al.* (2011) propusieron que el CH óptimo para el almacenamiento varía entre especies y está relacionado con la composición química de las semillas. Cuando contienen un elevado porcentaje de sustancias hidrofóbicas, el CH óptimo será menor y la tolerancia a la desecación mayor. Esto sugiere la importancia de continuar estos estudios, especialmente con las especies nativas.

Trabajos realizados con especies arbóreas nativas del NOA han reportado que *Cercidium praecox*, *Prosopis nigra*, *P. alba*, *P. ferax*, *Bulnesia sarmientoi*, *Erythrina falcata*, *Pterogyne nitens*, *Tecoma garrocha* y *Ziziphus mistol*, presentan semillas ortodoxas y sus accesiones se conservan a largo plazo en el BGEN (3-5% CH y a -20°C) (de Viana *et al.* 2009, 2014; Giamminola *et al.* 2012; Morandini *et al.* 2013). Los resultados de este trabajo surgieron que las semillas de *P. nigra*, *C. praecox* y *C. balansae*, además de ser ortodoxas, son tolerantes al ultrasecado ya que su poder germinativo fue elevado (>74%) con contenidos de humedad inferiores al 3%. Resultados similares fueron reportados por Pérez-García *et al.* (2008) para 14 especies endémicas de la Península Ibérica, almacenadas más de 30 años en condiciones de ultrasecado y por Kumar *et al.* (2011) en semillas de *Raphanus sativus* ultrasecadas y almacenadas 14 años a temperaturas entre -20°C y 25°C.

Por otro lado, se ha sugerido que los embriones de las semillas ultrasecadas podrían sufrir daños por una rápida absorción de agua cuando son colocadas a germinar como lo reportaron Powell & Matthews (1978) en *Pisum sativum* y *Phaseolus vulgaris*. En este trabajo, siguiendo las recomendaciones de Hong *et al.* (1998) se evitó el daño por imbibición colocando las semillas en un ambiente saturado de humedad durante 24 horas previas al ensayo de germinación.

Con relación a la temperatura de almacenamiento, podemos concluir que las semillas ultrasecadas de las tres especies estudiadas pueden ser conservadas a temperatura ambiente. Pérez-García *et al.* (2006) propusieron que la temperatura de almacenamiento jugaría un papel secundario en la conservación de semillas cuando estas son ultrasecadas, ya que obtuvieron porcentajes de germinación elevados en semillas ultrasecadas de 25 accesiones de Brassicaceae almacenadas durante 38-39 años a temperatura ambiente. Resultados similares fueron reportados por Steiner & Ruckebauer (1995) que trabajaron con semillas de hierbas y cereales almacenadas durante 110 años a temperaturas entre 10 y 15°C, obteniendo porcentajes de germinación elevados sin diferencias entre las temperaturas de almacenamiento. Por lo tanto, el ultrasecado de las semillas puede considerarse como una opción para eliminar los requerimientos de bajas temperaturas. Cabe destacar la importancia de estos resultados ya que esta metodología permitiría el ahorro

de independencia de energía y constituye una buena alternativa especialmente para la conservación en poblaciones rurales y en lugares en los que hay interrupciones en el suministro de electricidad (Enoch *et al.* 2004; Li *et al.* 2007, 2008).

Según Pérez García *et al.* (2006) el almacenamiento de las semillas puede disminuir, aumentar o mantener la dormancia dependiendo de la especie. Fenner & Thompson (2005) propusieron que las semillas pueden presentar un estado de dormancia innata o bien adquirir un estado de dormancia cuando son expuestas a alguna condición desfavorable para su germinación, como un ambiente muy frío, muy seco o con un bajo porcentaje de oxígeno. En este trabajo, el TMG de las semillas de *P. nigra* disminuyó con el almacenamiento, lo cual podría indicar una reducción de la dormancia (Fenner & Thompson, 2005). Por otra parte, en *C. praecox* el TMG aumentó con el almacenamiento, lo que indicaría que las semillas podrían haber adquirido una dormancia inducida. Si bien, en general las semillas de Fabáceas presentan dormancia física por su cubierta seminal impermeable al agua, se ha reportado que algunas especies de la familia tienen una combinación de dormancia física y fisiológica (Baskin & Baskin 2001; Alvarez & Villagra 2010). Esto destaca la necesidad de profundizar los estudios sobre los mecanismos y tipos de dormancia, ya que muchas semillas que no germinan pueden estar dormantes.

Es importante destacar que se espera que los bancos de germoplasma de especies nativas adquieran un rol fundamental en aspectos relacionados con la restauración y enriquecimiento de ambientes y reintroducción de especies. En este sentido, es vital establecer protocolos específicos para el manejo de las semillas de especies nativas que contemplen los métodos de recolección, procesamiento, tolerancia a la desecación y al ultrasecado, tipo de dormancia, composición química de las semillas, entre otros aspectos (Hay & Probert 2013).

## Referencias

- Alvarez, J.A. & Villagra P.E. 2010. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, mimosoidea). Kurtziana 35: 47-61.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 2001. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. USA. 666 pp.
- Bertuzzi, M. A.; Slavutsky, A. M. & Armada, M. 2012. Physico-chemical characterization of the hydrocolloid from Brea tree (*Cercidium praecox*). International Journal of Food Science and Technology. 47: 776-782.
- Caldecott J. O.; Jenkins, M. D.; Johnson, T. H. & Groombridge, B. 1996. Priorities for conserving global richness and endemisms. Biodiversity and Conservation, 5: 699 - 727.
- Chen, S.Y.; Chuen, C.T.; Chung, J.D.; Yang, Y.S. & Kuo, S.R. 2007. Dormancy-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisic acid and gibberellins. Seed Science Research. 17: 21- 32
- Chen, Z.; Wang, Z.; Yun, X.; Li, X. & Gao, H. 2011. Physiological and biochemical responses of ultra-dry storage of *Elymus daburicus* seeds. African Journal of Biotechnology. 10 (66): 14862-14867.
- de Viana, M.L. 2009. La dimensión global y local de los problemas ambientales. En: Giannuzzo, A.N. y M.E. Ludueña (Compiladoras). Cambios y Problemas Ambientales: perspectivas para la acción. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 103-122 pp.

- de Viana, M.L.; Mosciaro, M.J. & Morandini, M.N. 2009. Tolerancia a la desecación de dos especies arbóreas nativas, *Tecoma garrocha* y *Eriobryna falcata*, del Chaco (Salta, Argentina). UDO Agrícola. 9: 590 – 594.
- de Viana, M.L. & Morales Poclava, M.C. 2010. Anta y sus transformaciones territoriales. En: Lance, F. (Editora). Desmontar Pizarro. 177-203. Mundo Gráfico, Córdoba, 360 pp.
- de Viana, M.L.; Morandini, M.N.; Giamminola, E.M. & Díaz R.C. 2011. Conservación *ex situ*: un banco de germoplasma de especies nativas. Lhawet 1: 35-41.
- de Viana, M.L.; Morandini, N.M.; Urtasun M.M. & Giamminola, E.M. 2014. Caracterización de frutos y semillas de cuatro especies arbóreas nativas del Noroeste Argentino para su conservación *ex situ*. Lhawet 3:41–48.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González L.; Tablada M. & Robledo, C.W. 2013. Infostat versión 2013. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Enoch, D.A.; Dulloo, E.M.; Sognon, V. & Engelmann, F. 2004. Investigating the effects of low input drying procedures on maize (*Zea mays* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and bambara groundnut (*Vignasubterranea* (L.) Verdc.) seed quality in Benin. Plant Genetic Resources Newsletter. 140: 1-8.
- FAO. 2008. Informe Nacional sobre el estado de los recursos Fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Argentina. www.fao.org
- FAO.2010. World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources. FAO. <http://apps3.fao.org/wiews/wiews.jsp>. (Consultado 02/03/2015).
- Fenner, M. & Thompson, K. 2005. The Ecology of Seeds. Cambridge, Inglaterra. 151 pp.
- Giamminola, E.M.; Morandini, N.M. & de Viana, M.L. 2012. Respuesta a la desecación y a la temperatura de almacenamiento del germoplasma de *Prosopis nigra* (Grisebach) Hieron. y *Ziziphus mistol* Griseb. Gestión y Ambiente. 15:19 – 25.
- Gómez Campo, C. 2006. Long term seed preservation: updated Standard are urgent. Universidad Politécnica de Madrid. 168: 1-4.
- Gómez Campo, C. 2007. Assessing the contribution of genebanks: the case of the UPM seed bank in Madrid. Plant Genetic Resources Newsletter. 151: 40 – 49.
- Haene, E. & Aparicio, G. 2004. 100 Árboles Argentinos. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 126 pp.
- Hay, F.R. & Probert, R.J. 2013. Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. Conservation Physiology. 1: 1-11.
- Hong, T.; Linington, S. & Ellis, R. 1998. Compendium of Information on Seed Storage Behaviour. Vol I y II. Botanical Royal Gardens, Kew. Reino Unido. 901 pp
- ISTA, 2003. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association. Suiza.
- IUCN, 2015. Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org (Consultado 13/04/15).
- Kumar, M.; Kak, A. & Singh, S. 2011. Analysis of biochemical and physiological changes during ultra-dessication in Radish (*Raphanus sativus*). Asian Journal of Plant Science and Research. 1: 5-21.
- Li, Y.; Feng, H.; Chen, T.; Yang, X. & An, L. 2007. Physiological responses of *Limonium aureum* seeds to ultra-drying. Journal of Integrative Plant Biology. 49: 569–575.
- Li, Y.; Qu, J.; Yang, X. & An, L. 2008. A report on ultra-dry storage experiment of *Zygophyllum xanthoxylon* seeds. Botanical Studies, 49: 243-251.
- Martínez, S. & Andrade, D.J. 2006. Guía de árboles nativos de la Provincia de Salta, noroeste argentino. 1ª ed. Salta: Ministerio de Educación de la Provincia de Salta- Secretaría de Cultura. 192 pp.
- Mendez Nátera, J.R.; Merazo Pinto, J.F. & Montaña Mata, N.J. 2008. Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchocho (*Cajanus cajan* (L.) Mill). UDO Agrícola 8:61 -66.
- Minetti, J. M. 2006. Ecología y producción de Cedro (género Cedrela) en las Yungas australes. Pacheco, S. & Brown, A. (Eds.) LIEY-ProYungas. Argentina, 143 – 154 pp.
- Mira, S., Estrelles, E. & Gonzalez Benito, M.E. 2014. Effect of water content and temperature on seed longevity of seven Brassicaceae species after 5 years of storage. Plant Biology. 17: 153-162.
- Morandini, M.N.; Giamminola, E.M. & de Viana, M.L. 2013. Tolerancia a la desecación de semillas de *Prosopis ferox* y *Pterogyne nitens* (Fabácea). Biología tropical. 61: 335-342.
- Perea, M. del V.; Pedraza, G. & Luceros, J. del V. 2007. Relevamiento de Flora Arbórea Autóctona en la Provincia de Catamarca. Consejo Federal de Inversiones. Gobierno de la Provincia de Catamarca. 312 pp.
- Pérez García, F.; González Benito, M.E. & Gómez Campo, C. 2006. High viability recorded in ultra-dry seeds of 37 species of Brassicaceae after almost 40 years of storage. Seed Science & Technology 35: 143 - 153.
- Pérez García, F.; González Benito, M.E. & Gómez Campo, C. 2008. Germination of fourteen endemic species from the Iberian Peninsula, Canary and Balearic Islands after 32-34 years of storage at low temperature and very low water content. Seed Science & Technology. 36: 407- 422.
- Powell, A.A. & Matthews, S. 1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. Journal of Experimental Botany. 29: 1215 - 1229
- Shen, D. & Qi, X. 1998. Short- and long-term effects of ultra-drying on germination and growth of vegetable seeds. Seed Science Research. 8: 47 – 53.
- Suárez, M.E. 2014. Etnobotánica Wichi del bosque xerófito en el Chaco Semiárido Salteño. Autores de Argentina. Argentina. 521 pp
- Steiner, A.M. & Ruckebauer, P. 1995. Germination of 110-year-old cereal and weed seeds, the Vienna Sample of 1877. Verification of effective ultra-dry storage at ambient temperature. Seed Science Research. 5: 195-199
- Walters, C. 2015. Genebanking seeds from natural populations. Natural Areas Journal 35:98-105.
- Zuloaga, O. F.; Morrone, O. & Rodríguez, D. 1999. Análisis de la biodiversidad en plantas vasculares de la Argentina. Kurtziana, 27: 17-167.
- Zuloaga, O.F.; Morrone, O. & Belgrano M.J. 2008. Catálogo de las plantas vasculares el cono sur: Argentina, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. 3348 pp (en 3 vol)



# Fitoplancton de dos embalses de la Provincia de Salta

## *Phytoplankton of two reservoirs of Salta Province*

**María Mónica Salusso & Liliana Beatriz Moraña**

Facultad Ciencias Naturales. Universidad Nacional Salta. Av. Bolivia 5150 (4400) Salta.  
mmsalusso@gmail.com

Recibido: 28/07/2015    Aceptado: 07/10/2015

### Resumen

Se analizó la composición ficoflorística de dos embalses de la Alta Cuenca del Juramento (Provincia de Salta) en los meses de febrero, mayo y octubre del período 1998-2011. Técnicas estandarizadas se utilizaron para el análisis cuantitativo del fitoplancton. Fueron identificadas 334 spp., en su mayor parte cosmopolitas, con predominio de Chlorophyceae (77 spp.) y Naviculales entre las Bacillariophyceae (36 spp.) y de Chroococcales (34 spp.) entre las Cyanobacteria. El 44% de las especies registradas fueron comunes a ambos embalses. La composición estacional de los ensambles algales presentó un desarrollo cíclico con abundancia de Bacillariophyceae en la estación seca y de Chlorophyta y Cyanobacteria en la estación húmeda, y este último grupo presentó predominio también durante la reestratificación de finales de la estación seca.

**Palabras clave:** limnología, microalgas, embalses, noroeste Argentina

### Abstract

The phyco floristic composition of two reservoirs of the High Juramento Basin (Salta province) was analyzed in February, May and October in the period of 1998-2011. Standardized techniques were used for the quantitative analysis of phytoplankton. Were identified 334 spp., most of them cosmopolitan, dominated by Chlorophyta (77 spp.) and Naviculales in Bacillariophyta (36 spp.) and Chroococcales (34 spp.) from the Cyanobacteria. 44% of the recorded species were common to both reservoirs. The seasonal composition of algal assemblages presented a cyclical development with abundance of the Bacillariophyta in the dry season and Chlorophyta and Cyanobacteria in the wet season, and this latter group was also predominant during re stratification in the dry season.

**Key words:** limnology, microalgae, reservoirs, northwestern Argentina

## Introducción

En las regiones semiáridas del noroeste argentino, las presas facilitan la realización de actividades productivas además de generar energía hidroeléctrica. No obstante, con el tiempo ocurren alteraciones de los procesos ecológicos y se modifican las comunidades de organismos, entre otros el fitoplancton, que muestra grandes variaciones de corto término tanto en la biomasa como en la conformación de ensamblajes (Salusso & Moraña 2014).

Los procesos de eutrofización de los embalses de la provincia de Salta son un reflejo de la calidad del agua aportada por sus tributarios y de las actividades antrópicas que se realizan en las áreas de influencia directa de las cuencas de drenaje. Diversos estudios efectuados en estos reservorios revelan que el estado trófico de los mismos ha incrementado significativamente en las últimas décadas, siendo actualmente eutrófico a hipereutrófico (Salusso & Moraña 2000; Salusso 2010).

La composición y estructura de las comunidades algales pueden ser consideradas como una expresión de las interacciones de las variables limnológicas que actúan en los reservorios, siendo la diversidad del fitoplancton impulsada primariamente por dos factores ambientales locales (temperatura, irradiación luminosa), los que a su vez, varían a lo largo de gradientes latitudinales, longitudinales y altitudinales. Esto implica que los cambios en el uso del suelo o el clima que afectan a estos factores ambientales locales pueden tener un gran impacto en los patrones de biodiversidad a gran escala del fitoplancton de agua dulce.

La perturbación de los sistemas acuáticos y los efectos del cambio climático inducen modificaciones sustanciales en la biodiversidad del fitoplancton continental que debe ser documentada, en particular en los ambientes leníticos que suelen ser los de mayor número de especies (Oliva-Martínez *et al.* 2014).

Se realizó el inventario de la ficoflora de los embalses Cabra Corral y El Tunal (Alta Cuenca del Juramento, Salta) con base a estudios realizados durante una década con el fin de conocer su biodiversidad.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El embalse Cabra Corral, es uno de los reservorios de mayor magnitud de Argentina, y está destinado entre sus principales usos a la regulación hiperanual de caudales de la Alta Cuenca del Río Juramento y generación de energía hidroeléctrica. El embalse recibe las aguas del río Guachipas por el sur y Arias-Arenales por el norte siendo el 80% del influjo anual recibido de diciembre a abril. La descarga media anual del embalse en el río Juramento es de 992 hm<sup>3</sup>. Las fluctuaciones de los volúmenes embalsados presentan una marcada regularidad, con niveles máximos de febrero a junio, y mínimos de octubre a enero.

El clima de la región es tropical serrano con estación seca y precipitaciones torrenciales en el verano, con medias anuales de 450 mm. La temperatura media anual es de 21°C con una máxima de 36°C y una mínima de 9°C en julio.

El Tunal se ubica en la llanura chaco-salteña y acumula aportes en un 70% provenientes del río Juramento, descargados desde Cabra Corral, y en un 30% de aguas pluviales, siendo la segunda construcción hidroeléctrica más importante de la provincia de Salta. El clima es subtropical con estación seca, y la temperatura

máxima media es de 28°C y mínima media de 13°C. Las precipitaciones varían entre los 500 y 600 mm anuales.

Se muestrearon los embalses Cabra Corral y El Tunal en los meses de febrero, mayo y octubre de cada año en el período 1998 – 2011, representativos de aguas altas, transición y estiaje, respectivamente (Fig.1).

Las muestras sin filtrar (250 mL) se colectaron en las presas propiamente dichas, a la profundidad de un disco de Secchi, siendo fijadas *in situ* en lugol acético al 1%, y los recuentos al microscopio invertido se realizaron según técnica de Utermöhl (1958). Las muestras para cuantificación de pigmentos clorofílicos (2 litros) se colectaron en el mismo sitio y a la misma profundidad, siendo los pigmentos extraídos con etanol mediante técnica espectrofotométrica de Marker *et al.* (1980). Las determinaciones taxonómicas se efectuaron empleando diversos trabajos: Patrick & Reimer (1966); Komarek & Anagnostidis (1998, 2005); Komárek & Komárková-Legnerová 2007; Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991); entre otros.

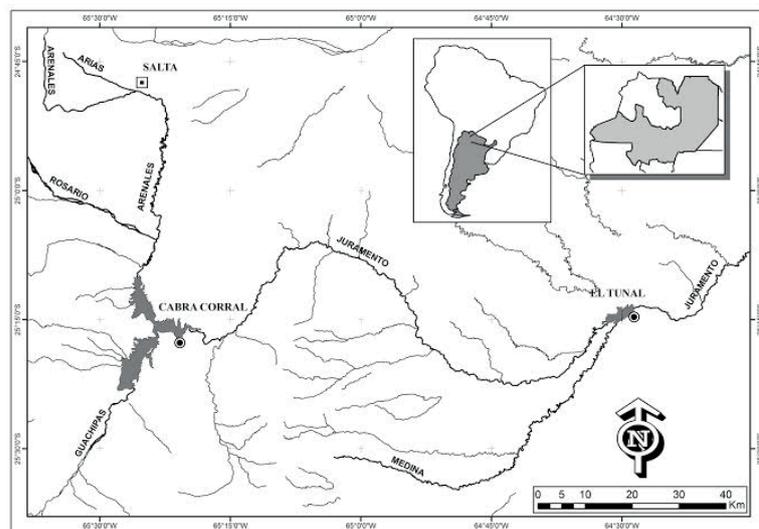


Fig. 1: Embalses Cabra Corral y El Tunal de la Alta Cuenca del Juramento (Salta)

## Resultados y discusión

La mayoría de las especies identificadas fueron cosmopolitas, propias de climas templados a tropicales, cuyo total de 334 *spp.*, estuvieron distribuidos entre los siguientes grupos: Chlorophyta (126), Bacillariophyta (112) y Cyanobacteria (64), Euglenophyta (16), Cryptophyta (10), Dinophyta (9), Chrysophyta (4), Xantophyta (3). El listado de entidades específicas identificadas se detalla en el Anexo I.

En la Clase Chlorophyceae, el orden Sphaeropleales se destaca representado principalmente por las Familias Scenedesmaceae (23 *spp.*) y Selenastraceae (18 *spp.*); y en la Clase Zygnematophyceae el Orden Desmidiaceae con 18 *spp.*

En la Clase Bacillariophyceae, sobresale la representación del Orden Naviculales con 36 *spp.*, y los Ordenes Bacillariales y Cymbellales con 15 *spp.* cada uno.

Por su parte, las Cianoprokariota, estuvieron mayormente representadas por el Orden Chroococcales con 34 *spp.*, y el Orden Nostocales con 14 *spp.*

Entre los géneros de los distintos grupos, con mayor número de especies se puede mencionar a Scenedesmus (20), Navicula (16), Nitzschia (9), Monoraphidium (9) y Closterium (6).

Existió un 44 % de especies comunes a ambos embalses. Cada uno de los grupos dominantes fueron más ricos en especies en el embalse El Tunal (Fig. 2), dada su ubicación en la parte inferior de la cuenca donde colecta los aportes de todos los tributarios al sistema. La excepción la constituyen las especies registradas

El número total de especies registrado (334 spp.) es alto comparado con otros reservorios del centro (Río Tercero, 237 spp.) y noroeste argentino (El Cadillal: 102 spp., Río Hondo: 60 spp., La Angostura: 167 spp.) (Casco & Mac Donagh 2014; Tracanna *et al.* 2014). Es evidente que la aceleración de actividades contaminantes tiene efectos directos sobre la biodiversidad algal.

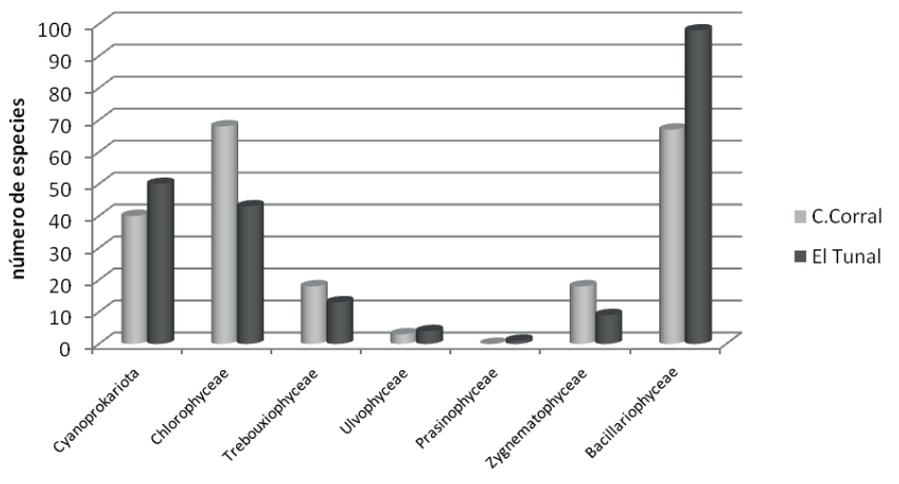


Fig. 2: Representación del número de especies por grupos taxonómicos principales en los embalses de la Alta Cuenca del Juramento durante el período 1998-2011

Las especies más frecuentes, aunque no necesariamente más abundantes fueron entre las Bacillarioficeas: *Aulacoseira granulata*, *A. granulata* var. *angustissima* y *Cyclotella meneghiniana*; entre las Clorófitas: *Sphaerocystis Schroeterii*, *Coenococcus planctonicus*, *Oocystella lacustris*, *Eutetramorus planctonicus* y *Schroeteria setigera*; entre las Criptófitas: *Chroomonas minuta*, entre las cianobacterias: *Chroococcus dispersus*, y los complejos tóxicos de especies de *Anabaena* y *Microcystis*, y entre las Dinófitas: *Ceratium hirundinella*. Esta última especie a partir de 2009 ha sido reemplazada por *Ceratium furcoides*, la que fuera

reportada por primera vez en 2007 en un reservorio brasileño (Matsumura-Tundisi *et al.* 2010).

pertenecientes a las Clases Chlorophyceae, Zygnematoiphyceae y Trebouxiophyceae.

El número de especies por muestra varió en promedio de 17 a 21, alcanzado el valor máximo El Tunal (48 spp.) en octubre de 2008, y el mínimo de 2 spp. C. Corral durante una floración de dinófitas (*Ceratium hirundinella*) en octubre de 2003. La cantidad media de taxa fue inferior en este último reservorio (17) comparado al primero (21) ( $p=0,041$ ). Las Clorófitas, Bacillariofitas y Cianoprokariotas son los grupos más diversos en ambos reservorios. Las restantes categorías tuvieron pocos representantes, no obstante, en el caso de Dinófitas y Criptófitas, con altas densidades relativas.

Las Clorófitas y Cianoprokariotas estuvieron mejor representadas durante el verano, las últimas también durante el otoño, y las Bacillarioficeas predominaron en el invierno, al igual que lo descrito para otros reservorios subtropicales (San Roque, Río Tercero) (Casco & Mac Donagh 2014), con una concordancia entre inventarios de especies cercana al 40 %.

En ambas presas, la riqueza de especies fue significativamente más elevada durante las fases de aguas altas del ciclo hidrológico (Tabla 1), en coincidencia con los aportes exógenos de nutrientes.

Las cianobacterias, se presentaron con numerosas especies de potencial tóxico: *Microcystis flos-aquae*, *M. wesenbergii*, *Gomphosphaeria aponina*, *Coelosphaerium kuetzingii*, *Dolichospermum spiroides*, *D. circinalis*, *Nodularia spumigena*, *Snowella lacustris*, *Woronichinia naegeliiana*, entre otras.

Las densidades totales del fitoplancton mostraron fluctuaciones con algunos picos en el año, lo que es característico del status eutrófico-hipereutrófico que poseen, al igual que ocurre en otros reservorios tropicales (Huszar *et al.* 1998).

La abundancia del fitoplancton en El Tunal varió entre un máximo de 14604 ind./mL en mayo de 1999 cuando se dio una floración de Cianobacterias, y un mínimo de 197 ind./mL en mayo de 2005, en tanto que en Cabra Corral, el valor máximo de 66227 ind./mL correspondió a mayo de 2007 en concomitancia con una floración de *Microcystis aeruginosa* presentando también el mínimo valor 163 ind./mL en el mes de mayo de 2005. Existieron diferencias significativas en esta variable entre ambos reservorios, correspondiendo a C. Corral el promedio más alto ( $7323,38 \pm 1681$ ) en relación a El Tunal ( $2357,64 \pm 1680$ ) ( $t=2,89$ ;  $p=0,04$ ). Los rangos de abundancia se asemejan a los obtenidos en embalses eutróficos del norte y centro de Argentina (Martínez de Marco & Tracanna 2001; Bustamente 2011).

La densidad de las cianoprokariotas fue la única que se diferenció entre presas, siendo en C. Corral de 4948 ind./mL y de 302 ind./mL en El Tunal ( $t=4,18$ ;  $p=0,0347$ ).

Según la fase del ciclo hidrológico, sólo las cianobacterias mostraron ser más abundantes en Cabra Corral durante las crecidas (media 30,84 %) en relación al estiaje (8,95%) ( $p=0,039$ ).

La diversidad específica también se diferenció entre ambos sitios, con un promedio mayor en El Tunal ( $2,36 \pm 0,14$ ) en relación a C. Corral ( $1,98 \pm 0,14$ ) ( $t=3,12$ ;  $p=0,05$ ). En el primer reservorio de reducido tamaño, existe un impacto directo de los ingresos de afluentes (ríos Medina y Juramento) sobre la zona limnética; existiendo una correlación positiva entre diversidad y el tenor de

Variable	Cabra Corral Promedio $\pm$ CV	El Tunal Promedio $\pm$ CV	P=
Número de spp.	C= 20,30 $\pm$ 1,42 E= 10,15 $\pm$ 1,98	C= 22,25 $\pm$ 1,94 E= 11,00 $\pm$ 5,02	< 0,008
Diversidad Shannon-Weaver	C= 2,22 $\pm$ 0,17 E= 1,55 $\pm$ 0,24	C= 2,54 $\pm$ 0,17 E= 1,98 $\pm$ 0,21	< 0,045
Abundancia (células.m <sup>-1</sup> )	C= 8523 $\pm$ 196 E= 4923 $\pm$ 174	C= 1970 $\pm$ 135 E= 2977 $\pm$ 137	No significativa
Clorofila a (mg.m <sup>-3</sup> )	C= 13,59 $\pm$ 10,04 E= 60,84 $\pm$ 15,06	C= 17,86 $\pm$ 6,63 * E= 16,41 $\pm$ 8,50 *	< 0,012

Tabla 1: Comparación de atributos del fitoplancton en Cabra Corral y El Tunal en ambas fases del ciclo hidrológico (C= crecidas, E=estiaje)

fósforo soluble (0,92;  $p=0,01$ ) y entre la riqueza específica versus la concentración de nitrato (0,78;  $p=0,03$ ) ( $n=42$ ).

Al igual que la cantidad de especies, la diversidad específica fue significativamente más elevada durante las fases de crecidas ( $p<0,006$ ).

En función del ciclo hidrológico, al incrementar el nivel hidrométrico se produce una disminución de la biomasa, siendo menor su concentración durante la fase de crecidas (febrero-mayo) ( $14,97 \text{ mg.m}^{-3}$ ) comparada con el estiaje (octubre) ( $36,92$ ) ( $p=0,013$ ). El comportamiento de la riqueza y diversidad específicas es inverso a la biomasa, a consecuencia del incremento de perturbaciones inducidas por el ingreso masivo de agua, lo que ya fuera señalado (Salusso 2010).

Los atributos ecológicos del fitoplancton mostraron valores más elevados de riqueza y diversidad específicas en la fase de aguas altas (febrero), y abundancias de diatomeas pennadas más elevadas durante la fase intermedia (mayo), en tanto que las densidades de criptófitas y dinófitas incrementaron durante el estiaje (octubre), tal como fuera señalado en trabajos previos (Salusso 2010; Salusso & Moraña 2014).

El fitoplancton es un grupo clave en el sostenimiento de los ecosistemas continentales, e incluye un vasto número de taxa, muchos de los cuales ocurren en pequeñas cantidades que pueden no ser detectados por los métodos rutinarios empleados cuando se analizan muestras preservadas al microscopio óptico. Esto significa que no se pueda asumir que ningún inventario de especies sea suficientemente exhaustivo, aunque proporciona una adecuada resolución taxonómica de los taxa infragenéricos dominantes.

La composición ficoflorística de los embalses Cabra Corral y El Tunal se asemeja al de otros reservorios subtropicales argentinos así también en la dominancia de grupos taxonómicos principales. Los ensamblajes algales presentaron una constante conformación estacional con desarrollo de diatomeas en la estación seca, y de clorófitas y cianobacterias en la estación húmeda, aunque éste último grupo puede estar presente también al momento de la re-estratificación en la columna de agua a finales de la estación seca.

## Referencias

- Bustamante, M.A. 2012. Eutrofización del Embalse San Roque, Argentina: Calidad del agua y funciones del ecosistema. Edit. Acad. Española. 192 pp.
- Casco, M.A. & Mac Donagh, M.E. 2014. Reservoirs of the Peri-Pampean región. *Advanc. Limnol.* 65: 215 – 231.
- Huszar, V.L.; Silva, L.H.S.; Domingos, P.; Marinho, M. & Melo, S. 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia.* 369/370: 59 – 71.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. In: Ettl, H. G.Gärtner, H. Heynig & D.Mollenhaver (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, Gustav Fischer, Jena – Stuttgart-Lübeck- Ulm, 548 pp.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales. In: Büdel, B., L.Krienitz, G.Gärtner & M. Schagerl (eds.). *Süßwasser flora von Mitteleuropa* 19/2. Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. 2007. Several rare freshwater planktic Cyanobacteria (Cyanoprokaryotes) from reservoirs in South America. *Hoehnea.* 34: 49 - 58.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart- Jena, 2/1: 1 – 876 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart- Jena, 2/2: 1 – 596 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart- Jena, 2/3: 1- 576 pp.
- Marker, A.F.; Nusch, A.; Rai, H. & Riemann, B. 1980. The measurement of Photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 14: 91-106.
- Martínez de Marco, S.N. & Tracanna, B.C. 2001. Limnología del embalse Dr. C. Gelsi (El Cadillal), Tucumán-Argentina. IV Cambios espaciales y temporales del fitoplancton. *Lilloa.* 40 (2): 223-234.
- Matsumura-Tundisi, T.; Tundisi, J.G.; Luzia, A.P. & Degani, R.M. 2020. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, Sao Paulo State, Brazil. *Braz.J. Biol.* 70(3): 1 – 7.
- Oliva-Martínez, M.G.; Godínez-Ortega, J.L. & Zuñiga-Ramos, C.A. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Rev. Mex. Biodiv. Supl.* 85:S54-S61.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Volume 1: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae. Philadelphia: Academy of Natural Sciences. 688 pp.
- Salusso, M.M. & Moraña, L.B. 2000. Características físicas, químicas y fitoplancton de ríos y embalses de la Alta Cuenca del Río Juramento (Salta, Argentina). *Natura Neotropicalis.* 31: 29-44.
- Salusso, M.M. 2010. Caracterización limnológica de una cuenca subtropical árida del noroeste argentino. 2010. Editorial Académica Española. 126 pp.
- Salusso, M.M. & Moraña, L.B. 2014. Fitoplancton de embalses subtropicales del noroeste argentino. *Gestión y Ambiente.* 17(1):209 – 222.
- Tracanna, B.C.; Seeligmann, C.T.; Mirande, V.; Martínez De Marco, S.N. & Isasmendi, S.C. Peri Pampean Sierras aquatic systems in Tucumán Province. *Advanc. Limnol.* 65: 199 -213.
- Utermöhl H. 1958. On the perfecting of quantitative phytoplankton method. *Inter. Assoc. of Theor. and App. Limn. Proc.* v. 9, 38p.

## ANEXO I

Anexo I: Especies de algas del fitoplancton de embalses Cabra Corral y El Tunal de la Alta Cuenca del Juramento (Salta)

CYANOPROKARIOTA	CCorral	El Tunal
<b>NOSTOCALES</b>		
Anabaena solitaria Kleb. (=A.catenula) Kütz.ex Born.& Flahault	x	
Anabaena torulosa Lagerheim ex Bornet & Flahault	x	
Aphanizomenon Morren ex Bornet et Flah.	x	x
Coenochloris pyrenoidosa Korshikov		x
Cylindrospermum muscicola Kützing ex Bornet & Flahault	x	
Dolichospermum circinale (Raben.ex Born. & Flah.)Wacklin,Hoffmann & Komárek	x	x
Dolichospermum flosaquae (Bréb ex Born & Flah.)Wacklin, Hoffmann & Komárek		x
Dolichospermum spiroides (Kleb.)Wacklin, L.Hoffm.& Komárek		x
Gloeotheca rupestris (Lyngbye) Bornet		x
Gomphosphaeria aponina Kützing		x
Komvophorum constrictum (Szafer)		
Anagnostidis & Komárek	x	
Myxosarcina burmensis Skuja	x	
Nodularia spumigena Mertens ex Bornet		x
Rhapidio psis mediterranea Skuja		x
<b>OSCILLATORIALES</b>		
Limnoraphis birgei GM Smith (=Lyngbya birgei)		x
Planktothrix sp	x	
Phormidium allorgei (Frémy) Anagnostidis & Komárek	x	
Phormidium boryanum (Bory ex Gomont) Anagnostidis & Komárek (=O.boryana)		x
Phormidium formosum (Bory de Saint-Vincente ex Gomont) Anagnostidis & Komarek		x
Phormidium retzii (C.Agardh) Kütz. Ex Gomont		x
Phormidium simplicissimum (Gom.) Kom	x	
Phormidium tenue (Ag. Ex Gom.) Kom.		x
Phormidium tergestinum (Rabenhorst ex Gomont)Anagnostidis & Komárek		x
Planktothrix sp	x	
Phormidium simplicissimum (Gom.) Kom	x	
<b>PSEUDANABAENALES</b>		
Planktolingbya limnetica (Lemm.)Komárková-Legnerová & G Cronberg		x
Pseudanabaena catenata Lauterb.		x
Pseudanabaena articulata Skuja		x
Pseudanabaena limnetica (Lemm)Komárek (=Oscillatoria limnetica)	x	x
<b>SYNECHOCOCCALES</b>		
Synechococcus elongatus Nägeli	x	x
<b>CHROOCOCCALES</b>		
Aphanocapsa incerta (Lemm) Cronb et Komárek	x	x
Aphanocapsa delicatissima West et GS West	x	x
Aphanocapsa pulchra (Kütz)Rabenh.	x	x
Aphanothece castagnei (Bréb.) Rab.	x	
Aphanothece stagnina (Sprengel) Komárek & Braun	x	x
Aphanothece caldariorum Richter	x	x
Aphanothece nidulans Richter		x
Borzia susedana Ercegovic		x
Chroococcus dispersus (Leissl)Lemm	x	x
Chroococcus limneticus Lemm	x	x
Ch limneticus var distans G.M.Sm.	x	x
Chroococcus minimus (Kleissl.) Lemm.	x	x
Chroococcus minutus (Kütz.) Näg.		x
Chroococcus turgidus (Kütz.) Näg.	x	
Coenocystis planctonica Korshikov	x	x
Coenocystis subcylindrica Korshikov	x	x
Coelosphaerium pallidum Lemm.		x
Gloeocapsa rupestris Kützing	x	x
Merismopedia elegans A.Braun ex Kützing	x	x
Merismopedia glauca (Ehrenberg) Kützing	x	
Mersimopedia marssonii Lemm.	x	x
Mersimopedia minima Beck.	x	
Merismopedia punctata Meyen		x
Mersimopedia tenuissima Lemmermann	x	x
Microcystis aeruginosa Kütz	x	x
Microcystis flos-aquae (Wittrock) Kirchner	x	x
Microcystis elachista (W.West & GS West) Compère	x	x
Microcystis viridis (Brown in Rabenhorst) Lemm	x	x
Microcystis wesenbergii (Kom.) Kom.	x	x

	CCorral	El Tunal
Radiocystis fernandoi Komárek et Komárková-Legnerová		x
Snowella lacustris (Chodat) Komárek & Hindák	x	x
Sphaerocavum brasiliense M.T.P. Azevedo & C.L.Sant'Anna		x
Synechocystis aquatilis Sauvageau	x	x
Woronichinia naegeliana (Unger) Elenkin		x
<b>CLASE CHLOROPHYCEAE</b>		
<b>VOLVOCALES</b>		
Carteria conochili Bréb.	x	
Chlamydomonas debaryana Goroschankin	x	
Chlamydomonas sp.	x	x
Chlamydomonas globosa Snow.	x	
Chloromonas rodhei (S. Kuja) Germ. Et Eh.	x	x
Eudorina elegans Ehrenberg	x	x
Gonium pectorale O.F.Müller	x	
Gonium sociale (Dujardin) Warming		x
Pandorina morum (Müller)Bory	x	
<b>SP HAEROPLEALES</b>		
<b>FAMILIA COELASTRACEAE</b>		
Coelastrum astroideum De Not	x	
Coelastrum microporum Nägeli	x	x
Coelastrum reticulatum (Dan.) Senn	x	x
<b>FAMILIA SCENEDESMACEAE</b>		
Desmodesmus (Rchodat) SS An, T Friedl & E.Hegevald	x	x
Dimorphococcus lunatus A. Braun	x	
Scenedesmus acuminatus v tortuosus (Sk)Kors.		x
Scenedesmus acutus Meyen	x	
Scenedesmus acutiformis v acutiformis Schröder	x	x
Scenedesmus alternans Reinsch	x	x
Scenedesmus armatus (Chod)GMSmith	x	
Scenedesmus bicaudatus (Hag) Chod.	x	
Scenedesmus brasiliensis Bohl.		x
Scenedesmus communis Hegeal.	x	x
Scenedesmus disciformis (Chodat) Fott & Komárek	x	x
Scenedesmus ecornis (Ehrenb.) Chod.	x	x
Scenedesmus intermedius Chod.	x	
Scenedesmus linearis Kom.		x
Scenedesmus longispina Chod.	x	x
Scenedesmus nanus Chod.		x
Scenedesmus quadricauda (Turp.)Breb.	x	
Scenedesmus oahuensis (Lemm)GMSmith	x	x
Scenedesmus opoliensis Richt.	x	
Scenedesmus ovalternus Chod.	x	x
Scenedesmus peccensis Wherk.	x	
Scenedesmus spinosus Chod	x	x
Tetrastrum staurogeniaeforme (Sch.)Lemm.	x	
<b>FAMILIA CHARACIACEAE</b>		
Characium sp.	x	
Schroederia setigera (Schröd.) Lemm.	x	
<b>FAMILIA HYDRODICTYACEAE</b>		
Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini	x	
Pediastrum duplex Meyen		x
Pediastrum simplex Meyen	x	x
Pediastrum tetras (Ehrenberg) Ralfs	x	x
Tetraedron minimum (A.Br.)Hansg.	x	
Tetraedron triangulare Kors.	x	x
<b>FAMILIA NEOCHLORIDACEAE</b>		
Planktophaeria gelatinosa GMSmith	x	x
<b>FAMILIA RADIOCOCCACEAE</b>		
Coenococcus planctonicus Korshikov	x	x
Coenochloris pyrenoidosa Korshikov	x	
Radiococcus planctonicus J.W.G.Lund	x	
Eutetramorus fottii (Hindák) Komárek	x	
Eutetramorus planctonicus (Korch.) Bour.	x	x
Eutetramorus tetrasporus Komárek	x	x
Eutetramorus fottii (Hindák) Komárek	x	x
<b>FAMILIA SELENASTRACEAE</b>		
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs	x	
Ankistrodesmus fusiformis Corda	x	x
Kirchneriella aperta Telling	x	x
Kirchneriella lunaris (Kirchner) Moebius	x	x

Kirchneriella irregularis (G. M. Smith) Korshikov	x	x
Monoraphidium arcuatum (Kurs.) Hind.	x	
Monoraphidium circinale (Nyg.) Nyg.		x
Monoraphidium contortum (Thur) Kom -L.	x	
Monoraphidium fontinale Hind.	x	x
Monoraphidium griffithii (Berk.)Kom. -Legn.	x	x
Monoraphidium irregulare G.M.Sm.	x	
Monoraphidium komarkovae Nygaard	x	
Monoraphidium minutum (Nag.)Kom. -Legn.	x	x
Monoraphidium tortile (W.et GS West)		x
Pseudokirchneriella contorta (Schmidle) F.Hindák	x	
Quadrigula lacustris (Chod)GMSmith	x	
Quadrilococcus ellipticus Hortobágyi	x	x
Selenastrum bibraianum Reinsch	x	
<b>CLASE CHLOROPHYCEAE</b>		
<b>OEDOGONIALES</b>		
Bulbochaete sp.		x
Oedogonium sp.	x	
<b>CHAETOPHORALES</b>		
Chaetophora sp.	x	
Uronema elongatum Hodgetts	x	x
<b>CHLAMYDOMONADALES</b>		
<b>FAMILIA SCOTIELLOCYSTOIDACEAE</b>		
Diplochlois decussata Kors.	x	
<b>FAMILIA SPHAEROCYSTIDACEAE</b>		
Sphaerocystis schroeteri Chod.	x	
<b>FAMILIA PHACOTACEAE</b>		
Phacotus lenticularis (Ehrenberg)Deising	x	
Vitreochlamys cylindrica (Skuja) Maidana et Vigna nov.comb		x
<b>INCERTAE SEDIS</b>		
Lobocystis planctónica (Tiff.) Fott	x	x
<b>CLASE TREBOUXIOPHYCEAE</b>		
<b>ORDEN TREBOUXI ALES</b>		
<b>FAMILIA BOTRYOCOCCACEAE</b>		
Botryococcus braunii (Kütz.)	x	
<b>ORDEN CHLORELLALES</b>		
<b>FAMILIA OOCYSTACEAE</b>		
Didymocystis bicellularis (Chod.)Kom.	x	x
Eremosphaera eremosphaera (GMSmith)RL		x
Franceia javanica (Bern.)Hortob.	x	x
Lagerheimia longisetata Chod	x	
Crucigenia fenestrata G.M.Smith	x	x
Crucigenia quadrata Morr.	x	x
Crucigeniella rectangularis (Näg.) Kom.	x	x
Nephrocystium limneticum GMSmith	x	
Oocystella borgei (Snow) Hindák	x	x
Oocystella lacustris (Chodat) Hindák	x	x
Oocystis naegelii A.Br.		x
Oocystis parva W et G.S.West	x	
Oocystis pusilla Hansg.	x	x
Oocystis rhomboidea Fott	x	
Oocystis solitaria Wittrock	x	x
<b>FAMILIA CHLORELLACEAE</b>		
Actinastrum hantzschii Schn	x	
Chlorella vulgaris Biej.	x	
Closteriopsis longissima (Lemm.)	x	
Dictyosphaerium pulchellum Wood	x	x
Gloeoitella contorta (Lemmermann) Chodat		x
<b>CLASE ULVOPHYCEAE</b>		
<b>ULOTRICHALES</b>		
Elakathrix gelatinosa Wille	x	x
Klebsormidium klebsii (GMSmith)PC Silva, Mattox & WH Blackwell		x
Koliella longisetata (Vischer) Hindák		
Koliella variabilis (Nygaard) Hindák	x	x
Planctonema lauterbornii Schm.		x
Ulothrix sp.	x	

<b>CLASE PRASINOPHYCEAE</b>		
<b>PYRAMIMONADALES</b>		
Pyramimonas inconstans Hodgetts		x
<b>CLASE ZYGNEMATOPHYCEAE</b>		
<b>ZYGNEMAT ALES</b>		
Mougeotia sp. C. Agardh	x	
Spirogyra mirabilis	x	x
Spirogyra sp.	x	x
<b>DESMIDIALES</b>		
Closterium aciculare T. West	x	
Closterium acutum var variabile (Lemm)Krieg.	x	
Closterium dianaeh Ehr.		x
Closterium moniliferum v. cóncava Ehrenb.	x	
Closterium parvulum Nagéli	x	x
Closterium venus Kütz.	x	
Cosmarium depressum (Näg.) Lund.	x	
Cosmarium margaritifera Meneghini ex Ralfs	x	
Cosmarium reniforme (Ralfs) Arch.	x	x
Cosmarium subtumidum Ralfs	x	
Gonatozygon kinahani Lund	x	
Pleurotaenium cylindricum (Turner) Schmidle		x
Micrasterias decemdentata (Nägeli) Archer	x	
Staurastrum paradoxum Meyen ex Ralfs	x	x
Staurastrum planctonicum Teiling	x	
Staurastrum leptocladum Nordstedt	x	
Staurastrum sebaldi Reinsch	x	x
Staurastrum longipes (Nordstedt) Teiling		x
<b>EUGLENOPHYTA</b>		
Euglena acus Ehrenb.	x	
Euglena communis Godjics		x
Euglena ehrenbergii Klebs	x	
Euglena gracilis Klebs	x	x
Euglena oxyuris Schmarda	x	
Euglena proxima Dang.	x	x
Euglena spirogyra var elegans Playf.	x	
Euglena viridis Ehrenberg	x	
Lepocinclis salina F.E.Fritsch		x
Lepocinclis fusiformis (Carter)Lemm.	x	x
Lepocinclis texta Lemmermann	x	x
Phacus curvicauda Svirenko	x	
Phacus contortus Bourrelly	x	x
Pteromonas Seligo	x	
Trachelomonas bacillifera Playfair	x	
Trachelomonas planctonica Swirenko	x	
<b>CRYPTOPHYTA</b>		
Chroomonas cfr nordstedtii Hansgig	x	
Chroomonas minuta Skuja	x	
Cryptomonas erosa Ehrenberg	x	x
Cryptomonas marssonii Skuja	x	
Cryptomonas ovata Ehrenberg	x	x
Cryptomonas phaseolus Skuja	x	
Cryptomonas pyrenoidifera Geitler	x	x
Cryptomonas platyris Skuja	x	
Rhodomonas lacustris Pascher et Ruttner	x	x
Rhodomonas minuta Skuja	x	x
<b>CHRYSOPHYTA</b>		x
Chromulina sphaerica Boehm.	x	x
Chromulina ovalis Klebs		x
Ochromonas elegans Dofl.		x
Ochromonas variabilis H.Meyer		x
<b>DINOPHYTA</b>	x	x
Ceratium furcoides (Levander) Langhans	x	x
Ceratium hirundinella (OFMüller)Schrack		x
Glochidinium penardifforme (Lemm.) Boltovskoy	x	x
Gymnodinium sp.	x	x
Peridinium g. atunense Nygaard	x	
Peridinium lomnickii Wolosz.		x
Peridinium willei Huitfeldt -Kaas	x	
Peridinium volzii Lemm.		x
Peridiniopsis elpatiewskyi (Ostenfeld) Bourrelly	x	x
<b>XANTOPHYTA</b>		
Goniocloris iyengarai (Ramanathan) Ettl		x
Goniocloris fal lax Fott		x
Tribonema minus (Wille) Hazen	x	

<b>BACILLARIOPHYTA</b>		
<b>ACHNANTHALES</b>		
Achnanthes clevei Grunow	x	x
Achnanthidium exiguum (Grunow)	x	x
Achnanthes lanceolata (Breb.) Grunow	x	x
Achnanthes minutissima Kützing	x	x
Cocconeis pl. var lineata (Ehr.) V.H.	x	x
Cocconeis pl. var euglypta (Ehr.) Klebe	x	x
<b>BACILLARIALES</b>		
Bacillaria paradoxa G.Melin		x
Denticula kuetzingii Brun		x
Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grun.		x
Nitzschia acicularis (Ag.) W.M.Smith	x	x
Nitzschia acicularis var closterioides Grunow		x
Nitzschia clausii Hantzsch		x
Nitzschia dissipata (Kütz.) Grunow		x
Nitzschia disputata (Kütz.) Grunow		x
Nitzschia gracilis Hantzsch	x	x
Nitzschia linearis (Ag.) W.Sm.	x	x
Nitzschia palea (Kütz.) W.Sm.	x	x
Nitzschia sigmoidea (Nitzsch.) W.Smith	x	x
Tryblionella apiculata Gregory sin Nitzschia constricta		x
Tryblionella hungarica (Grunow) Mann	x	
Tryblionella sp. W.Smith		x
<b>COSCONODISCALES</b>		
Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen	x	
Aulacoseira distans (Ehr.) Simonsen	x	x
Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	x	x
Aulacogr var angustissima (Mull.) Sim.	x	x
Cyclotella atomus Hust.	x	x
Cyclotella meneghiniana Kütz.	x	x
Cyclotella ocellata Pantocsek	x	x
Cyclotella pseudostelligera Hustedt	x	x
Melosira varians Agardh.		x
<b>CYMBELLALES</b>		
Anomoeoneis sphaerophora (Kütz.) Pfitz.		x
Cymbella affinis Kützing	x	x
Cymbella amphicephala Näg		x
Cymbella sinuata Greg.	x	x
Cymbella tumida (Breb.) van Heurck	x	x
Encyonema minutum Hilse ex. Rabenh.		x
Encyonema silesiaca Bleisch		x
Gomphonema herculeana (Ehrenberg) Cleve	x	x
Gomphonema augur Ehrenberg		x
Gomphonema clavatum Ehr.	x	
Gomphonema gracile Ehrenberg		x
Gomphonema pumillum (Grun.) Ross	x	
Gomphonema subclavata Grunow	x	x
Gomphonema truncatum Ehrenberg	x	x
Rhoicosphenia abbreviata (Ag.) Lange-Bert.	x	x
<b>EUNOTIALES</b>		
Eunotia pectinalis (Kütz.) Rabenhorst	x	x
<b>FRAGILARIALES</b>		
Diatoma hyemale (Roth) Heiberg	x	x
Diatoma vulgare Bory.	x	x
Fragilaria capucina Desmazière		x
Fragilaria cap var vaucheriae (Kütz.) L. - Bert.	x	
Fragilaria construens (Ehrenberg) Grunow	x	x
Fragilaria construens var subsalina Hust.		x
Fragilaria crotonensis Kitton	x	x
Fragilaria inflata (Heiden.) Hust.		x
Hannaea arcus (Ehr.) Patrick	x	x
Synedra acus Kützing	x	x
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg	x	x
<b>NAVICULALES</b>		
Amphipleura lindheimerii Grun.	x	x
Caloneis sp.	x	x
Diademes confervaceae Kützing	x	
Diploneis ovalis (Kütz.) Kütz.	x	x
Discostella glomerata (H., Bachm.) Houk & Klee	x	
Frustulia rhomboidea (Ehr.) De Toni		x
Frustulia vulgaris (Th.) De Toni		x
Gyrosigma acuminatum (Kütz.) Raben.	x	x
Gyrosigma scalpoides (Rab.) Cléve	x	x
Luticola goeppertiana (Bleisch.) D.G.Mann		x
Navicula arvensis Hustedt	x	
Navicula cari Ehrenberg		x

Navicula capitata Ehrenberg		x
Navicula capitoradiata Germain (sin. N. salinarum v intermedia (Grunow) Cleve)		x
Navicula cincta (Ehr.) Ralfs	x	x
Navicula cryptocephala Kützing	x	x
Navicula cryptotenella Lange - Bertalot		x
Navicula gregaria Donkin	x	x
Navicula lanceolata (Ag.) Ehr.		x
Navicula peregrina (Ehr.) Kütz.		x
Navicula radiosa Kützing	x	x
Navicula schroeterii A. Meiat		x
Navicula seminulum Grunow		x
Navicula subminuscula Manguin	x	x
Navicula tripunctata (O.F.M.) Bory	x	x
Navicula veneta Kützing	x	x
Pinnularia acrosphaeria Smith	x	x
Pinnularia brebissonii (Kütz.) Raben.		x
Pinnularia gibba Ehr.		x
Pinnularia interrupta W.Smith		x
Pinnularia microstaurum (Ehr.) Cl.		x
Pinnularia mesolepta (Ehr.) W. Smith	x	x
Pinnularia viridis (Nitzsch.) Ehr.		x
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkovsky	x	x
Stauroneis anceps Ehr.	x	x
Stauroneis phoenicenteron (Nitz.) Ehr.		x
<b>RHOPALODIALES</b>		
Epithemia adnata (Kütz.) Rab.		x
Epithemia goeppertiana Hilse	x	
Epithemia sorex Kützing	x	x
Rhopalodia gibba (Ehr.) O.Müller	x	x
Rh. gibba var ventricosa (Kütz.) H. Et Eper		x
Rhopalodia gibberula (Ehr.) O.Müller		x
<b>SURIPELLALES</b>		
Campylodiscus clypeus (Ehr.) Ehrenberg		x
Cymatopleura solea (Breb.) W.Smith	x	x
Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg		x
Surirella biseriata Bréb.		x
Surirella brebissonii Kr. & L.Bert.		x
Surirella splendida (Ehr.) Kütz.		x
Stenopterobia artica	x	
Stenopterobia curvula (W.Smith) Krammer		x
<b>THALASSIOPHYSALES</b>		
Amphora ovalis (Kütz.) Kütz.	x	
Amphora pediculus (Kütz.) Grunow	x	x
Cyclotella stelligera Cl. & Grun. = Discostella stelligera	x	x
Stephanodiscus sp. Ehrenberg	x	
<b>TRICERATIALES</b>		
Pleurosira laevis (Ehr.) Compère	x	



# Relevamiento de la fauna de anuros en la Autopista Norte de la ciudad de Salta, Argentina

## *Anuran fauna on North Highway of Salta City, Argentina*

Natan Pamela<sup>1,3</sup>, Acosta Rebeca<sup>1,3</sup> & Núñez Alejandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Introducción a la Biología. Facultad de Cs. Naturales. <sup>3</sup>CIUNSa. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 (4400) Salta. pamenatan@hotmail.com.ar

Recibido: 04/03/2015    Aceptado: 09/08/2015

### Resumen

En el marco de la ecología urbana, es interesante evaluar en qué medida las obras viales afectan a las comunidades de anuros. En este estudio se describió la estructura de aquellas ubicadas en la autopista norte de la ciudad de Salta, para lo cual se detectaron y seleccionaron doce núcleos reproductivos a lo largo de su trazado que fueron clasificados en función del tipo de ambiente que utilizaron: (A) acequias u otra canalización a cielo abierto con sustrato de hormigón, y (B) bajos inundables, banquinas y canalizaciones con vegetación o suelo desnudo. El relevamiento se efectuó mediante técnicas de transecta auditiva y de encuentro visual. Se registró la presencia de nueve especies, dos en ambos ambientes; seis en el ambiente B, y una exclusiva del ambiente A. El reemplazo de los ambientes inundables con cobertura natural por canales de hormigón, representa una reducción del 66,6 % de la riqueza total de anuros comparando ambos ambientes por lo que se recomienda diseñar un sistema de drenajes que reduzcan al mínimo el uso de canales de hormigón.

**Palabras clave:** ecología urbana, comunidades de anuros, impacto ambiental, autopistas.

### Abstract

In the context of urban ecology, it is important to assess the effect of road construction on the communities of frogs. Herein, we described the structure of anuran communities found on the North Highway (Autopista Norte), Salta, Argentina. Twelve reproductive areas were detected and selected. They were mapped and geopositioned, and the environments where they were found were classified as: (A) ditches or other open, concrete-lined channels, and (B) low flood or road shoulders with vegetation or bare soil. The species were identified by Audio Strip Transects and Visual Encounter Survey. Nine species were detected, two of which were found in both habitats, six in environment B, and one exclusively in environment A. Replacing natural flood environments with concrete channels would represent a reduction of 66.6% in the total richness of frog species in the area.

**Key words:** urban ecology, anuran communities, environmental impact, highways

## Introducción

A nivel mundial, existe una creciente preocupación por la reducción de la diversidad biológica, asociada a los efectos de pérdida y transformación del hábitat como consecuencia de las actividades antrópicas (Wells 2007). La problemática se acentúa en espacios con permanente intervención humana como las áreas urbanas cuya dinámica actúa, en términos generales, ejerciendo un efecto negativo sobre la biota debido a la modificación de las características estructurales y funcionales del ambiente (Wells 2007; Hamer & McDonnell 2008).

En el caso particular de los anfibios, su conservación resulta especialmente dificultosa debido a las características de su ciclo de vida complejo que requiere por lo tanto de un mosaico de ambientes para su desarrollo (Pope *et al.* 2000). No obstante, se observan poblaciones viables de anuros en ambientes altamente antropizados como las ciudades, que forman parte no sólo del patrimonio natural, sino también cultural de las mismas (Acosta *et al.* 2005; 2009).

Como parte del paisaje urbano, y debido a sus características estructurales, las obras viales habitualmente generan microhábitats propicios para la reproducción de los anuros. Al mismo tiempo, ocasionan impactos considerables asociados al efecto barrera que provoca el trazado de la vía, ya que muchas veces interrumpe las conexiones entre los sitios adecuados tanto para la reproducción y el desarrollo larval, como para la dispersión, e induce al atropellamiento de juveniles y adultos (Parris *et al.* 2009; Van der Ree *et al.* 2011). En consecuencia, y en el marco de la ecología urbana, resulta interesante conocer y evaluar en qué medida las obras viales afectan la estructura de las comunidades de anuros. Desde esa perspectiva, se realizó un relevamiento de la fauna de anuros presentes en el trazado de la Autopista Norte, como primer paso para el diseño de medidas de gestión ambiental tendientes a la conservación de la fauna de anuros en la ciudad de Salta.

## Materiales y métodos

Se realizaron diez muestreos durante la temporada reproductiva agosto de 2012 a marzo de 2013 coincidente con el aumento de las temperaturas y las precipitaciones. Para ello se detectaron y seleccionaron doce núcleos reproductivos (NR) ubicados en el tramo de la RN 9 que recorre el norte de la ciudad de Salta, conocida como Autopista Norte, entre los 24° 45' 55"S, 65° 24' 44"O y los 24° 43' 28"S 65° 24' 37"O (Fig. 1). En cada muestreo se visitaron los doce sitios.

Cada NR fue mapeado y geoposicionado mediante uso de GPS y clasificado en función del tipo de ambiente en: (A) acequias u otro tipo de canalización a cielo abierto con sustrato de hormigón, y (B) bajos inundables, banquetas y canalizaciones de vegetación o suelo desnudo. De los 12 NR, cinco correspondieron a ambientes de tipo A y los siete restantes a ambientes de tipo B (Fig. 2). También se registró la presencia de conectores entre ambos lados de la vía.

El relevamiento de las especies presentes se efectuó mediante técnicas de transecta auditiva (AST, sigla en inglés) que se basa en registrar los sonidos característicos y específicos emitidos por los machos durante la época reproductiva; dicho método resulta el más efectivo debido al comportamiento críptico de la mayoría de las especies (Heyer *et al.* 1994). Para ello, en cada NR identificado se establecieron puestos de escucha que se mantuvieron a lo largo de los diez muestreos, reconociéndose los cantos y registrándolos con grabador digital marca Olympus, modelo VN-

4100PC durante diez minutos. El horario se estableció entre las 20 y 24hs. Cada uno de los registros fue realizado por la misma persona. Asimismo, se aplicaron técnicas de encuentro visual (VES, sigla en inglés) con el fin de confirmar la identificación realizada mediante AST y detectar especies presentes que no estuvieran en actividad reproductiva, mediante un registro de presencia-ausencia (Heyer *et al.* 1994).



**Fig. 1:** Ubicación de los NR indicando el tipo de ambiente. **A:** canalizaciones a cielo abierto con sustrato de hormigón. **B:** bajos inundables, banquetas y canalizaciones con vegetación o suelo desnudo. Fuente: modificado de Google Earth



**Fig. 2:** Ambientes de tipo A: canalizaciones a cielo abierto con sustrato de hormigón (izquierda) y B: bajos inundables, banquinas y canalizaciones con vegetación o suelo desnudo (derecha)

**Discusión**

La presencia de ocho especies, siete de las cuales vocalizaban, en los ambientes de tipo B da cuenta de una mayor riqueza en comparación con los ambientes de tipo A donde sólo se registraron dos especies vocalizando y una sin hacerlo. En consecuencia, es posible considerar para la zona de estudio, que el reemplazo de los ambientes inundables con cobertura natural (tipo B), por canales de hormigón (tipo A), representa una reducción del 66,6 % de la riqueza total de anuros ya que solamente en los ambientes de tipo B se registran seis especies de manera exclusiva. Esto puede estar asociado con el hecho de que el sustrato conformado por tierra y vegetación ofrecería una mayor variedad de microambientes que responderían a los requerimientos de las distintas especies. En ese marco, para el caso de *Leptodactylus latinasus* y *L. fuscus*, que presentan un modo reproductivo de tipo 17 (12 para Duellman & Trueb 1994) -caracterizado por la ubicación de huevos en cuevas excavadas, que al inundarse con las lluvias, permite a las larvas salir nadando de la misma (Wells 2007) - los ambientes de tipo A representarían un obstáculo para las actividades reproductivas excluyéndolos de esos sitios. En contraposición, *Physalaemus biligonigerus*, fue registrada en actividad reproductiva en ambos tipos de ambientes. Esto podría deberse a su comportamiento reproductivo ya que vocaliza flotando en el cuerpo de agua sin contacto con el lecho, como así también a su modo reproductivo de tipo 11 (Wells 2007) o tipo 8 (Duellman & Trueb 1994) - ovipone en nidos de espuma en ambientes lénticos y tras la eclosión las larvas nadan libremente. Asimismo, cabe señalar que la velocidad del flujo de agua en los canales cementados es mayor que en aquellos con cobertura vegetal donde la configuración del lecho permitiría la formación de ambientes adecuados para el desarrollo larval. Si bien no es objetivo del trabajo analizar el estadio larval, se destaca la presencia de larvas en los NR estudiados.

**Resultados**

Se registró la presencia de nueve especies, incluidas en seis géneros y cinco familias (Frost 2014) (Tabla 1). En cuanto a su distribución, *Physalaemus biligonigerus* y *Rhinella arenarum* se encontraron en los dos tipos de ambientes considerados; sin embargo ésta última sólo presentó actividad reproductiva (vocalizaciones), en ambientes de tipo A. En el caso de *Scinax nasicus*, fue exclusiva de ambientes de tipo A pero no en actividad reproductiva. Las seis especies restantes, fueron registradas sólo en ambientes de tipo B, y en todos los casos en actividad reproductiva (Tabla 1).

El trazado de obras viales impacta, en general, negativamente en la fauna de anuros, ya sea por interrupción de las vías de comunicación, interferencia por ruido ambiental o fragmentación del hábitat, entre otras (Parris *et al.* 2009; Van der Ree *et al.* 2011). Sin embargo, es interesante destacar el alto porcentaje (75%) de especies detectadas respecto de las doce inventariadas para el éjido urbano de la ciudad de Salta (Acosta *et al.* 2005). Esto puede deberse, en primer lugar, a que la zona norte presenta contacto con espacios rurales que históricamente han tenido un bajo nivel de producción y por lo tanto un bajo impacto sobre las comunidades de anuros; y en segundo lugar, a la cercanía de cordones montañosos con formaciones correspondientes a Selva Montana (Acosta *et al.* 2012). Sin embargo, debido a que el sector ha experimentado en los últimos cinco años un crecimiento urbano explosivo asociado al asentamiento de complejos de viviendas, serían necesarias realizar las previsiones correspondientes para conservar la fauna de anuros del sector.

Familia	Género	Especie	Ambientes A		Ambientes B	
			VES	AST	VES	AST
			Vista	Oída	Vista	Oída
Bufonidae	Rhinella	<i>R. arenarum</i>	X	X	X	
		<i>R. schneideri</i>				X
Leiuperidae	Physalaemus	<i>P. biligonigerus</i>		X	X	X
		<i>P. cuqui</i>			X	X
	Pleurodema	<i>P. borellii</i>				X

**Tabla 1:** Especies de anuros registradas en el área de influencia de la Autopista Norte y presencia (x) de las mismas por tipo de registro en función del tipo de ambiente. Ambiente A: canalizaciones a cielo abierto con sustrato de hormigón. Ambiente B: bajos inundables, banquinas y canalizaciones con vegetación o suelo desnudo

Como parte de las medidas ambientales en la planificación de obras viales, se recomienda diseñar sistemas de drenajes que reduzcan al mínimo o eviten el empleo de canales de hormigón. Por otra parte, se recomienda efectuar la limpieza de los canales fuera del período de lluvias, a fin de evitar la modificación del hábitat reproductivo en el momento del reclutamiento de las poblaciones de anuros.

**Referencias**

Acosta, R.; Vera Mesones, R. & Núñez, A. 2005. Fauna de Anuros en la Ciudad de Salta, Argentina. *Revista de Biología Tropical*. 53 (3-4): 569-574.

- Acosta, R.; Reyes, V. & Núñez, A. 2009. Análisis de las Comunidades larvales de anuros en autopistas, Ciudad de Salta. X Congreso Argentino de Herpetología. Jujuy, Argentina.
- Acosta, R.; Natan, P.; Nuñez, A. & Vera Mesones, R. 2012. Ambientes Urbanos y su influencia en la diversidad de Anuros: el caso de la ciudad de Salta, Argentina. X Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica. Salta, Argentina.
- Duellman, W.E. & Trueb, L. 1994. Biology of amphibians. The John Hopkins University Press. 670 pp
- Frost, D.R. 2014. Amphibian Species of the World. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. Consultado en <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- Hamer, A.J. & McDonnell, J.M. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological Conservation*. 141: 2432–2449.
- Heyer, W.R.; Donnelly, M.A.; McDiarmid, R.W.; Hayek, L.A. & Foster M.S. (eds.). 1994. Measuring & Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution. Washington, D.C.
- Parris, K.M.; Velik-Lord, M. & North, J.M.A. 2009. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society*. 14(1): 25.
- Pope, S.E.; Fahrig L. & Merriam, H.G. 2000. Landscape complementation and metapopulation effects on leopard frogs population. *Ecology*. 81: 2498-2508.
- Van der Ree, R.; Jaeger, J.A.G.; Van der Grift, E. A. & Clevenger, A.P. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society*. 16 (1): 48.
- Wells, K. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press. 1147 pp

# Diversidad genética. Importancia y aplicaciones en el mejoramiento vegetal

## *Genetic diversity. Importance and applications in plant breeding*

**Graciela Caruso, Viviana Broglio & Mariana Pocovi**

Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150. (4400) Salta. gbcaruso@gmail

Recibido: 09/08/2015 Aceptado: 07/09/2015

### Resumen

La diversidad genética, entendida en sentido amplio, como la variación de genes dentro y entre especies, posee una organización multidimensional compleja. Su comprensión se basa en el grado de similitud (o diferencia) entre pares de unidades. Si bien la variabilidad genética es materia prima de la evolución, al mismo tiempo, los factores que producen el cambio evolutivo, la modelan. Cuando una especie se extingue se pierde su genoma y también su variación genética, por lo tanto es posible afirmar que determina el potencial de respuestas que permiten la supervivencia y la adaptación. Una de las razones más importantes para conservar la diversidad genética es el mantenimiento de este potencial. Los humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y hemos “domesticado” especies de plantas y animales por medio de la selección artificial. La domesticación y la mejora producen reorganización de la variabilidad genética reduciendo las diferencias entre individuos dentro de un grupo, e incrementando las diferencias entre grupos, lo que provoca una modificación de la estructura de la diversidad genética. Desde 1900 tres cuartas partes de la diversidad de los cultivos se ha perdido y se han detectado altos niveles de vulnerabilidad genética, lo cual amenaza la seguridad alimentaria mundial, resultando indispensable evitar “la erosión genética”. La caracterización de la variabilidad genética de distintas poblaciones es crítica para plantear estrategias de conservación “*in situ*” o “*ex situ*”, ya sea en bancos de germoplasma como en programas de mejora. En este contexto se hace uso tanto de caracteres morfo-fisiológicos como de marcadores moleculares. Los primeros presentan limitantes como la influencia ambiental, su difícil y costosa medición; además, la información genética recuperable a partir de ellos es restringida. Los marcadores moleculares permiten estimar la diversidad genética neutral, hacer comparaciones entre individuos, poblaciones y especies o grupos taxonómicos mayores y establecer relaciones de paternidad, parentesco y filogenéticas. También es posible analizar procesos de flujo y deriva de genes en las poblaciones.

La caracterización de la diversidad genética facilita la clasificación de los materiales, la detección de duplicados, la identificación del origen geográfico y la determinación de puntos de máxima variabilidad. De esta manera se contribuye al manejo de las colecciones, permitiendo tanto la elección de parentales dónde buscar nuevos alelos para ampliar la base genética de los materiales, como la explotación más adecuada de la heterosis. Dada la importancia de los recursos genéticos, en las últimas décadas se han realizado esfuerzos para elaborar documentos que incluyan desde definiciones, hasta acuerdos regulatorios de su conservación, uso y disponibilidad. En la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, se han desarrollado y desarrollan proyectos vinculados al uso o mejoramiento genético de especies de importancia regional, siendo el punto de partida, el análisis de su diversidad genética.

**Palabras clave:** Biodiversidad, Cultivos, Domesticación, Genética de poblaciones, Germoplasma

### Abstract

Genetic diversity usually refers to genetic variations within and among species. Genetic diversity has a multidimensional and complex organization. Its knowledge found on similitude (or differences) gradation between units' pairs. Genetic diversity is raw material for evolution and, at the same time, evolution forces to shape it. Species extinction causes the loss of their genome and their genetic variation. As a result, it can be asserted that genetic diversity conditions the potential responses permitting survival and adaptation. One of the most important reasons to preserve genetic diversity is the maintenance of this potential. Human beings have made maximum use of genetic variability, such as the “domestication” and “breeding” of many species by artificial selection. These processes had caused the genetic variability reorganization from differences among individuals, within species, to differences between groups.

This situation causes modification in the genetic diversity structure. Since 1900, three-quarter from the genetic diversity of crops had been lost and high levels of genetic vulnerability have been detected. As this condition poses a major threat to the global food safety, it is essential to avoid “genetic erosion.” The characterization of genetic variability for different populations is critical in order to outline conservation strategies either “*in situ*” or “*ex situ*” for genebanks or breeding programs. The characterization is performed using both morpho-physiologic traits and molecular markers. The former has restrictions on the environmental influences, costs and the difficulties of their measuring. In addition, the genetic information provided is limited. Molecular markers allowed to estimate neutral genetic diversity, and to establish the relationships between individuals, populations, species or major taxonomic groups. Moreover, molecular markers are used to set paternity relationships and phylogenetic connections as well as to analyze genetic flow and genetic drift in populations. Information on genetic diversity facilitates the classifying materials, detecting duplicity, identifying geographic origin, and determining the point of highest variability. In this respect, the germplasm collection management becomes easier as the knowledge of genetic diversity permits the choice of parents to increase the genetic basis and the appropriate heterotic exploitation. Considering the genetic resources importance, many efforts have been done in the last and in order to develop documents including definitions, regulatory agreements about their conservation, uses and availability. At the Facultad de Ciencias Naturales (Universidad Nacional de Salta) projects related to breeding species, with regional importance, are under way. For this purpose analyses of the genetic diversity are being performed.

**Key words:** Biodiversity, Crops, Domestication, Germplasm, Population Genetics.

## Marco de referencia

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) define la biodiversidad como la variabilidad de la vida en la Tierra. Según Wilson (Núñez *et al.* 2003), comprende “toda la variación de la base hereditaria en todos los niveles de organización, desde los genes en una población local o especie, hasta las especies que componen toda o parte de una comunidad local, y finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo”. Estos niveles jerarquizados describen aspectos muy diferentes de los sistemas vivientes, incluyendo a los procesos evolutivos y ecológicos que se dan a nivel de genes, especies y ecosistemas.

En un sentido amplio, se entiende por diversidad genética la variación de los genes dentro y entre especies. Puede ser vista y comparada en tres niveles: entre individuos de una población, entre poblaciones dentro de la misma especie y entre las diferentes especies (Glowka *et al.* 1996).

Al igual que en los otros niveles, en la diversidad genética podemos reconocer tres atributos: composición, estructura y función. La composición es la identidad y variedad de los elementos constitutivos (genes). La estructura refleja la cantidad y distribución de la variación genética dentro y entre las poblaciones de una especie. La función corresponde a los procesos evolutivos responsables de la dinámica de los genes en las poblaciones y que configuran la estructura genética de la diversidad.

La diversidad genética tiene una organización multidimensional compleja y su comprensión se basa en el grado de similitud (o diferencia) entre pares de unidades (individuos, poblaciones, accesiones, variedades, etc.) valorada a través de caracteres que son compartidos.

Tanto la generación de diversidad genética como su erosión, son fenómenos distintivos de la evolución. La variabilidad genética es materia prima de la evolución (tenga lugar en condiciones naturales, o resulte de la domesticación y mejoramiento de especies) y al mismo tiempo, los factores que producen el cambio evolutivo la modelan. Cuando una especie se extingue se pierde su genoma y también su variación genética.

Ante las condiciones cambiantes del medio, la diversidad genética determina el potencial de respuestas que permitan la supervivencia y la adaptación (Glowka *et al.* 1996; Fontdevila & Moya 1999). Una de las razones más importantes para conservar la diversidad genética es el mantenimiento de este potencial.

La FAO (1998) distingue tres valores (valor “portfolio”, valor de “opción” y valor de “exploración”) en relación a las funciones de la variabilidad genética:

La diversidad genética ayuda a proporcionar estabilidad a los sistemas agrícolas a nivel local, nacional y mundial al suavizar la variabilidad del rendimiento, a través del mantenimiento de una amplia gama de cultivos y de diversidad dentro de los cultivos (valor portfolio). Las pérdidas debidas a la falta de un determinado cultivo o variedad se compensan por el rendimiento de otros cultivos o variedades.

La diversidad genética proporciona un seguro (valor de opción) frente a futuras condiciones adversas. Los recursos genéticos pueden proporcionar características útiles, tales como la resistencia a nuevas enfermedades o la adaptabilidad a nuevas condiciones climáticas.

La diversidad genética representa un valor potencial, aún con los recursos desconocidos (valor de la exploración), razón para mantener los ecosistemas silvestres y los sistemas agrícolas tradicionales.

Los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad genética y “domesticado” por medio de la selección artificial numerosas

especies; al hacerlo hemos creado una multitud de variedades de plantas cultivadas y razas de animales. Durante estos procesos, es frecuente el descenso de los tamaños efectivos poblacionales (“cuellos de botella”). Sea como consecuencia del programa de mejora o por reducción del tamaño poblacional, el aumento de la consanguinidad reduce la variabilidad genética, aumentando el riesgo de extinción frente a cambios ambientales. La reorganización de la variabilidad genética desde diferencias entre individuos dentro de una especie, a diferencias entre grupos (variedades y razas), constituye una modificación de la estructura de la diversidad genética. Se hace evidente la paradoja entre la generación de productos uniformes (cultivos, razas) con escasa variabilidad en su interior y la necesidad de contar con variabilidad genética para continuar con los procesos de mejoramiento, sean plantas o animales.

A lo largo de la historia de la humanidad, se han cultivado alrededor de 7000 especies de plantas para su consumo. La gran profusión de variedades garantizó los alimentos y otros productos necesarios para la supervivencia y el desarrollo de las poblaciones humanas en todo el mundo, a pesar de las plagas, las enfermedades, las fluctuaciones climáticas y otros acontecimientos medioambientales inesperados. En la actualidad, sólo aproximadamente el 30 % de los cultivos satisface el 95 % de las necesidades de energía alimentaria de la humanidad, cuatro de los cuales (arroz, trigo, maíz y papa) representan más del 60% de nuestra ingesta de energía (FAO 2015).

Desde 1900 unas tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos se ha perdido, a medida que la deforestación, la urbanización, la modificación de zonas pantanosas y el cultivo de tierras de secano han ido destruyendo los hábitats de muchos de los progenitores silvestres. Los esfuerzos de mejoramiento de los últimos 50 años, han determinado que junto a mayores niveles de productividad se detecten altos niveles de vulnerabilidad genética, lo cual amenaza el logro de aumentos sostenidos en el potencial de rendimiento.

La “vulnerabilidad genética” resulta cuando un cultivo ampliamente difundido es uniformemente susceptible a una peste, patógeno o riesgo ambiental como resultado de su constitución genética, creando así un potencial de pérdidas generalizadas en las cosechas. Una de las principales causas de ello es la dispersión o reemplazo de variedades locales genéticamente diversas por variedades modernas homogéneas. La extensión de la uniformidad no siempre es aparente, debido a que los pedigrís de los materiales, en muchos casos, no están disponibles aún para la mayoría de los cultivos tradicionales (FAO 2011).

Debido a la dependencia de un número relativamente reducido de cultivos para garantizar la seguridad alimentaria mundial, es indispensable evitar “la erosión genética” con el fin de abordar el creciente estrés medioambiental y ofrecer oportunidades a los agricultores y los investigadores de producir cultivos que puedan prosperar en condiciones desfavorables, introducir nuevas características y desarrollar nuevos usos (FAO 1998). La erosión genética es la pérdida de diversidad genética, incluyendo la pérdida de genes individuales y de complejos de genes, tales como aquellos presentes en las variedades localmente adaptadas.

Los cultivos vegetales necesitan renovarse cada 5 a 15 años, la manera más eficaz de dotar a los cultivos con mejores características es cruzar variedades o especies vegetales domésticas con germoplasma silvestre. Las diferencias alélicas, genotípicas y de complejos de genes entre los acervos génicos de los materiales, determinan que una incorporación directa de variabilidad desde el germoplasma silvestre no sea exitosa. Resulta necesario establecer,

en etapas previas al mejoramiento, un proceso que torne viable la transferencia de variabilidad genética útil, manteniendo los complejos de genes presentes en el material elite. El pre mejoramiento o valorización genética de germoplasma es la respuesta a estos requerimientos, especialmente cuando la estabilidad y productividad de los cultivos agrícolas está en parte supeditada a la eficacia de los métodos para ampliar su base genética.

Un gran desafío para la humanidad es el de utilizar los recursos naturales en forma sostenible, de modo de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, pero asegurando la base para las generaciones futuras. Este uso sustentable se presenta en el marco de otros desafíos, tales como la necesidad de un crecimiento económico equilibrado, la conservación del ambiente, la reducción de la pobreza, la radicación en el medio rural y el mantenimiento de los conocimientos tradicionales.

En 2001 la Conferencia de la FAO, adoptó el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2001). Este Tratado, jurídicamente vinculante y que está en consonancia con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, define los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) como “cualquier material genético de origen vegetal de valor real o potencial para la alimentación y la agricultura”. Incluye a las especies cultivadas en todas sus modalidades y sus parientes silvestres. También se considera como recurso genético “a genes de especies, géneros, e inclusive a reinos distintos, que sean de interés actual o potencial para introducir un nuevo carácter o una mejora de los caracteres de un cultivo en particular”.

En este contexto surge la aparente contradicción entre garantizar la disponibilidad pública de los productos obtenidos y el derecho de los obtentores. La finalidad social de proteger los resultados de las inversiones realizadas tiene como objeto promover nuevas tecnologías y ofrecer alicientes y recursos para financiar las actividades de investigación y desarrollo. Una serie de Derechos de Propiedad Intelectual (Derechos de Patentes y Derechos del Obtentor de Variedades Vegetales) están contemplados en el Convenio de Diversidad Biológica.

Los programas desarrollados para la colección, conservación, caracterización y utilización de los recursos genéticos en la agricultura promueven el mantenimiento de la variación genética contenida dentro y entre especies, no sólo para evitar la extinción, sino también para conseguir una oferta permanente de genes para las necesidades de los programas de mejora genética (Esquinas-Alcázar 2005). El Tratado destaca las ventajas de adoptar un sistema multilateral de acceso a los RFAA y de reparto de los beneficios obtenidos de su utilización y provee el marco legal para garantizar el fácil acceso a grandes colecciones de RFAA de los cultivos más relevantes para la agricultura (Beretta & Rivas 2001).

La conservación de los recursos fitogenéticos está orientada en tres ejes: la conservación *in situ*, la conservación *ex situ* y el uso sustentable de los componentes de la biodiversidad. Estas modalidades son complementarias y permiten garantizar la conservación del patrimonio genético de las especies y sus poblaciones, en el mediano y largo plazo. (Esquinas-Alcázar 2005).

A partir de los años setenta, con la creciente disminución de la biodiversidad, se estimuló el desarrollo de acciones que revirtieran esta situación, creando bancos de germoplasma para la conservación *ex situ*. Los bancos de germoplasma tienen como objetivo preservar el espectro de la variabilidad genética dentro de las especies cultivadas y sus parientes silvestres, y corregir la uniformidad derivada de las prácticas de mejoramiento genético.

## Uso de la diversidad genética a nivel local

En la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, se desarrollan o han desarrollado proyectos vinculados al uso o mejoramiento genético de especies de importancia regional (caña de azúcar, kenaf, frutilla, tomate, chilto (Broglia *et al.* 2011, Broglia *et al.* 2013, Caruso *et al.* 2013, Caruso *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2002, Gilardón 2007; Gilardón *et al.* 2002; Gilardón *et al.* 2004, Gray *et al.* 2006; Lucatti *et al.* 2010; Machado *et al.* 2011, Mariotti *et al.* 2011, Pocoví *et al.* 2008, Pocoví *et al.* 2010, Quipildor *et al.* 2012) En este contexto se trabaja caracterizando y utilizando la diversidad genética de materiales disponibles. La diversidad genética de poblaciones de ciertas especies que constituyen plagas o producen enfermedades en estas especies, también ha sido objeto de estudio (Galagovsky & Pocovi 2006, Flores *et al.* 2003; Rech *et al.* 2008). Contar con esta información es de interés a la hora de orientar el mejoramiento de las especies vegetales.

Además de la conservación y mantenimiento, los bancos de germoplasma son fundamentales en el gerenciamiento de los recursos fitogenéticos ya que entre las actividades que se desarrollan está la documentación, la caracterización, la evaluación de la variabilidad genética, el análisis filogenético, el mejoramiento de caracteres y la multiplicación y distribución del germoplasma. La adecuada gestión de un banco de germoplasma demanda del conocimiento apropiado de la diversidad genética que conserva.

Históricamente, los estudios de diversidad genética en plantas han estado relacionados con datos arqueológicos, botánicos, lingüísticos, históricos y morfológicos. En el caso de los materiales de un banco de germoplasma, la diversidad genética se puede definir como el grado en el cual el material hereditario diferencia una colección de plantas. Para ello se utiliza un enfoque multivariado, estimando medidas de similitud o distancia entre pares de unidades. Es posible entonces la formación de grupos más o menos homogéneos que comparten un patrón o una estructura de diversidad particular.

En este sentido, para medir la diversidad genética, se han empleado dos enfoques básicos: el agrupamiento basado en los datos del pedigrí y el generado a partir de caracteres: agrícolas, morfológicos y/o moleculares (Avisé 2004).

Las clasificaciones con datos de pedigrí utilizan el grado de co-ascendencia de dos unidades, se cuantifica generalmente a través de coeficientes de parentesco (Falconer & Mackay 1996). Este enfoque tiene la limitación de requerir que el pedigrí del material estudiado sea conocido, lo que raramente sucede.

La descripción morfológica de órganos vegetativos y reproductivos, de rasgos agronómicos clásicos y de susceptibilidad a factores de estrés, patógenos y enfermedades ha sido de gran utilidad para la caracterización y evaluación de los recursos genéticos. Estos descriptores de valor agronómico y comercial, son atributos, tanto de alta como de baja heredabilidad, medidos a través del fenotipo. Las principales limitantes de esta caracterización son la influencia ambiental, el tiempo requerido para coleccionar los datos y el reducido número de genes factibles de analizar (Demey *et al.* 2003). Como consecuencia, su medición es difícil y costosa y la información genética recuperable, restringida. Existe un gran número de colecciones de germoplasma que contienen genotipos con un alto valor agronómico, sin embargo, en muchas ocasiones se desconocen las relaciones existentes entre el material disponible, lo que hace menos provechosa su utilización en mejoramiento. Inclusive pueden existir materiales ingresados como accesiones diferentes que resultan ser duplicaciones, lo cual conlleva a una sobreestimación *a priori* de la diversidad existente y al uso inapropiado de los recursos.

En las últimas décadas han habido innumerables esfuerzos para desarrollar técnicas que permitan conocer más directamente la variación genética y no a través de los fenotipos, lográndose un notorio aumento en los marcadores genéticos disponibles para estudios de diversidad. Su aplicación permite determinar la estructura genética, tanto en las poblaciones naturales como cultivadas y estudiar el grado de similitud entre y dentro de las unidades de estudio, evitando el efecto ambiental.

### Los Marcadores Genéticos en Estudios de Diversidad Genética

Los caracteres bioquímicos y moleculares pueden considerarse como marcadores genéticos, dada su determinación por uno o pocos genes y escasa o nula influencia ambiental. La utilización de marcadores bioquímicos es acotada por su reducido número, que no cubre toda la extensión del genoma, por sus interacciones o modificaciones postranscripcionales, y por su diferente expresión en distintos tejidos (Avisé 2004).

Los marcadores moleculares proveen gran cantidad de información, son altamente polimórficos, cubren todo el genoma y su evaluación es posible en estadios muy tempranos del desarrollo, utilizando pequeñas porciones de material biológico que no destruyen el individuo; no presentan interacciones intergénicas, tienen mayor reproducibilidad y presentan herencia simple y a menudo codominancia (Avisé 2004). Permiten estimar la diversidad genética neutral, hacer comparaciones entre individuos, poblaciones (también variedades o razas) y especies o grupos taxonómicos mayores y establecer relaciones de paternidad, parentesco y filogenéticas y analizar procesos de flujo y deriva de genes en las poblaciones. Entre los más usados para caracterizar y evaluar la variabilidad genética se encuentran los RFLP, RAPD, AFLP, SSR, ISSR, SNP (Cubero 2013).

La aplicación de los marcadores de ADN ha facilitado también la clasificación de los materiales, la detección de duplicados, la identificación del origen geográfico y la determinación de puntos de máxima variabilidad. Esta información facilita el manejo de las colecciones de germoplasma, ya que permite tanto elegir parentales donde buscar nuevos alelos para ampliar la base genética de los materiales, como la explotación más adecuada de la heterosis (Avisé 2004).

Conocer la similitud genética entre los individuos y las poblaciones es de gran utilidad en los programas de mejoramiento genético facilitando la organización del material, la selección adecuada de los genotipos superiores y la complementación con datos fenotípicos y agronómicos para el desarrollo de una población mejorada.

En cualquier caso, es posible esperar clasificaciones disímiles, porque cada tipo de descriptor reflejará aspectos diferentes de la diversidad genética asociados al tipo de medición y a la resolución del marcador. Las divergencias entre los análisis basados en datos agromorfológicos y los basados en datos moleculares se sustentan en que los cambios agronómicos y/o morfológicos no siempre están asociados a las variaciones moleculares estudiadas, ya que responden a reglas y presiones evolutivas diferentes. El principal argumento en favor de la utilización de caracteres moleculares es que son universales, abundantemente informativos y trabajan directamente con la base genética de la variación. Los estudios que incluyen caracteres morfológicos, en cambio, no permiten establecer diferencias en fases tempranas, son poco informativos (la lista de descriptores utilizados raramente excede los 100 caracteres) y adicionalmente son arbitrarios porque su codificación está más bien influenciada por la habilidad o experiencia del responsable

de la clasificación. Sin embargo, los caracteres agromorfológicos son la base de muchas características varietales que tienen un valor económico directo indudable. Por tanto, estudios que incorporen ambos tipos de descriptores (morfológicos y moleculares) proveerán un mejor conocimiento e interpretación de la diversidad genética (Demey *et al.* 2003).

Dependiendo de las características de las poblaciones en estudio y de los objetivos, para cuantificar la variabilidad genética se han propuesto diferentes parámetros basados en la distribución de frecuencias génicas y genotípicas. Los más frecuentemente usados son: la Proporción de Loci Polimórficos, el Número de Alelos por Locus, la Heterocigosis Media, el Contenido de Información Polimórfica (Botstein *et al.* 1980; Lewontin 1974). En muchos casos es de interés la contribución de los individuos y de los grupos a la diversidad total, es decir conocer la estructura genética, para lo que Sewall Wright propuso la utilización de los Índices de Fijación (F) (Fontdevila & Moya 1999). Las técnicas de AMOVA permiten generar información equivalente cuando sólo se cuenta con datos de frecuencias génicas.

El abordaje para estudiar la diversidad genética descomponiendo los aportes de los individuos y los grupos (en diferentes jerarquías) a la variabilidad genética total, ha generado una visión más amplia sobre la conservación de la bio diversidad también a otros niveles. Sea en condiciones naturales o “*ex situ*”, en la conservación de recursos genéticos la cuantificación de la diversidad genética es una acción fundamental.

### Referencias

- Avisé J.C. 2004. Molecular Markers. Natural History and Evolution. Chapman & Hall, New York. 511pp.
- Beretta, A. & Rivas, M. (Coord). 2001. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR. Uruguay. 177pp.
- Botstein, D.; White, R.L.; Skolnick, M. & Davis, R.W. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Genet*, 32: 314–331.
- Brogliá, V.; Caruso G.; Pocoví, M.; Hernández, C. & Méndez-Pacheco, C. 2011. Análisis Genético de Caracteres de Calidad de Fruto en Tomate. *Actas XL Congreso Argentino de Genética* 1: 207-208.
- Brogliá, V.; Caruso, G.; Hernandez, C. & Pocoví, M. 2013. Evaluación de la Calidad de Fruto en una Línea de Tomate con Intogresión de Germoplasma Silvestre. *Fruit Quality Assessment of Tomato Breeding Line with Wild Introgression. Actas XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica*. Consultado en: [http://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=&id=22622&inst=yes&congresos=yes&detalles=yes&congr\\_id=2130897](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=22622&inst=yes&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=2130897). Diciembre 2014.
- Brogliá, V.; Caruso, G.; Pocoví, M.; Hernandez, C. & Gilardon E. 2009. Caracterización fenotípica y genética de una línea de premejora de tomate. *Horticultura Argentina* 28(67): 66-67.
- Caruso G.; Brogliá V.; Pocoví M. & Méndez-Pacheco C. 2011. Detección de SSR Asociados a Caracteres de Calidad de Fruto en Tomate. *Actas XL Congreso Argentino de Genética* 1:206-207.
- Caruso, G.; Brogliá, V. & Pocoví, M. 2013. Marcadores Microsatélites Asociados a Componentes del Color y Contenido de Licopeno en Frutos de Tomate. *RedBio 2013.VIII Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología*.
- Collavino, G.; Pocoví, M.; Locatelli, F.M.; Pacheco, M.G.; Díaz, D.; Rios, R. & Mariotti, J. 2008. Aplicación de técnicas isoenzimá-

- ticas y moleculares en El Programa de Mejoramiento Genético de La Caña de Azúcar. IDIA XXI. Cultivos Industriales VIII (10): 6-9.
- Cubero, J.I. 2013. Introducción a la mejora genética vegetal. Mundi-Prensa Libros S.A. Madrid. 565pp.
- Demey, J.R.; Zambrano, A.Y.; Fuenmayor, F.; & Segovia, V. 2003. Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. *Interciencia* 28(12): 684-689. Consultado en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003001200004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003001200004&lng=es&nrm=iso). ISSN 0378-1844. Febrero 2015.
- Esquinas-Alcázar J. 2005. Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics* 6: 946-953.
- Flores, L.V.; Gilardón, E.; & Gardenal, C.N. 2003. Genetic structure of populations of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Basic and Applied Genetics* XV (2): 47-54.
- Falconer, D.S. & Mackay, T. F. C. 1996. Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Acribia. Zaragoza (España) .69pp.
- FAO.1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Consultado en <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPS/Pgrfa/pdf/swrfull.pdf>. Diciembre 2015.
- FAO. 2001. Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Consultado en <ftp://ftp.fao.org/ag/cgrfa/it/ITPGRs.pdf>. Marzo 2014.
- FAO. 2011. El Segundo Informe sobre el estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo. Consultado en <http://www.fao.org/docrep/014/i1500s/i1500s.pdf>. Marzo 2015.
- FAO. 2015. Ecosistemas, biodiversidad, genética. La agenda de desarrollo post-2015 y los objetivos de desarrollo del milenio. Consultado en <http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes-ecosystems-biodiversity-genetics/es/>. Febrero 2015.
- Ferreira, M.; Pocovi, M., Collavino, G. & Gray, L. 2002. Resultados Preliminares de la Caracterización Isoenzimática de Kenaf. (*Hibiscus cannabinus* L). Jornadas de Comunicaciones Internas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Flores, L.V.; Gilardón, E. & Gardenal, C.N. 2003. Genetic structure of populations of *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Basic and Applied Genetics* XV (2): 47-54.
- Gilardón, E. 2007. Agricultural important genes derived from a cross between *Solanum lycopersicum* L. and *S. habrochaites* Knapp & Spooner (Solanaceae): 182-186. In Barbosa L M, dos Santos J N A (orgs) A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais. Sociedade Botânica do Brasil, São Paulo: 680- 681.
- Gilardón, E.; Gorustovich, M.; Collavino, G.; Hernández, C.; Pocovi, M.; Bonomo, C. & Olsen, A. 2002. Resistencia de líneas de tomate a la polilla del tomate (*Tuta absoluta*) en laboratorio y a campo. *Revista Investigación Agraria. Serie Producción y Protección Vegetales INIA* 17(1): 35-42.
- Gilardón, E.; Pocovi, M.; Hernández, C.; Collavino, G. & Broglia, V. 2004. Long Shelf-Life In tomato breeding lines derived from an interspecific crossing. In: Book of Abstracts of The First Solanaceae Genome Workshop. Wageningen, The Netherlands, Sept. 19-21: 80.
- Fontdevila, A. & Moya, A. 1999. Introducción a la Genética de Poblaciones. Ed. Síntesis. Madrid. 349pp.
- Galagovsky, D. & Pocovi, M. 2006. Estructura genética poblacional de *Diatraea saccharalis* en el norte de Argentina. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 73pp. [http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_see&id=12352](http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=12352)
- Glowka, L.; Burhenne-Guilmin, F. & Syngé, H. 1996. Guía del Convenio sobre Diversidad Biológica. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. Environment Policy and Law Paper 30, 179pp.
- Gray, L.N.; Collavino, N.G.; Simón, G & Mariotti, J.A. 2006. Diallelic analysis of genetic effects determining days to flowering in kenaf. *Industrial Crops and Products* 23:194-200.
- Isola M. Broglia V. & Martín Montiel D. 2008. Análisis histológico de la pared tangencial externa de frutos de tomate de líneas de premejora. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 53pp
- Lucatti, F.A.; Alvarez, A.E.; Machado, C.R. & Gilardón, E. 2010. Resistance of tomato genotypes to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 39:792-798.
- Machado, C.; Collavino, G.; Daz, M.; Pocovi, M. & Mariotti, J. 2011. Peroxidase activity: a biochemical evaluation for sugarcane brown rust resistance. *RIA* 39: 169-175
- Lewontin, R. 1979. La Base Genética de la Evolución. Barcelona. Ed. Omega. Barcelona. 344 pp.
- Mariotti, J.A.; Machado Assefh, C.R.; Rech, G.; Fontana P.D.; Collavino, N.G.; Pocovi, M.; Rago, A. & Daz, M.. 2011. Avances en la investigación de la relación patógeno-hospedante y de la resistencia genética a enfermedades de la caña de azúcar en Argentina. *BAG. Journal of Basic and Applied Genetics* 22 (1), 0-0
- Núñez, I.; González-Gaudiano, E. & Barahona, A. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia* 28: 387-393.
- Pocovi, M.I., Rech, G.E.; Collavino, N.G.; Caruso, G.B.; Ríos, R. & Mariotti, J. 2010. Molecular diversity of *Puccinia melanocephala* populations. *Journal of Phytopathology* 158 (11-12): 769-775.
- Pocovi, M.; Collavino, G.; Locatelli, F.; Pacheco, G.; Diaz, D.; Ríos, R. & Mariotti, J. 2008. Assessing genetic variability of subtropical hybrid sugar cane materials using isozymes and AFLP. *SugarCane International* 26: 6-22.
- Pritsch C. 2001. El pre-mejoramiento y la utilización de los recursos fitogenéticos. En: Beretta, A. y Rivas, M. (Compiladores). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR. Uruguay:111-121.
- Quipildor, V.; Caruso, G. & Broglia, V. 2012. Análisis de la coloración y contenido de licopeno en frutos de tomate. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Ed UNSa. 60pp. Consultado en: [http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_see&id=13576](http://editorial.unsa.edu.ar/pmb/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=13576). Diciembre 2014.
- Rech, G., Pocovi, M.; Collavino, G.; Caruso, G.; Machado, C.; Pacheco, G.; Rago, A. & Mariotti, J.A. 2008. Population variability of sugarcane rust (*Puccinia melanocephala* Sydow H & P) in the NOA. XXXVII National Conference of Genetics. *BAG* 1666-0390:S-164.

## Instrucciones para los autores

La **Revista LHAWET** es una publicación anual que está orientada a la publicación de artículos originales basados en resultados de investigación y ensayos relacionados con temas de Biología, Ciencias Ambientales, Antropología y Derechos Humanos. La revista pretende contribuir al desarrollo del pensamiento ambiental del país, como un esfuerzo por comprender las íntimas relaciones que se establecen entre la multiplicidad de las sociedades y culturas humanas y las complejas funciones y estructuras de los sistemas naturales. Los artículos a ser publicados en la revista deben representar aportes a la construcción de ese pensamiento ambiental.

Se pueden considerar para publicar traducciones de artículos cuando se considere que estos tienen una importancia histórica o son de interés de la revista.

Los artículos enviados deberán ser contribuciones inéditas que no estén en proceso de publicación en otras revistas tanto nacionales como internacionales.

Cada manuscrito será sometido a un proceso de evaluación por dos pares seleccionados de una lista de evaluadores externos al comité editorial. El Comité Editorial decidirá o no su publicación y sugerirá posibles modificaciones cuando lo crea oportuno. Todo este trámite será lo más breve posible.

El Comité Editorial de la Revista acusará recibo de los originales e informará al autor sobre su aceptación.

La redacción de la revista pondrá el máximo cuidado en evitar errores en la transcripción definitiva de los artículos enviados, no obstante no se responsabiliza de los errores que puedan aparecer. Si los autores detectaran errores importantes deberán dirigirse cuanto antes a la redacción para poder realizar una fe de erratas en el siguiente número de la revista.

La redacción se reserva el derecho de realizar pequeñas adecuaciones en los títulos de los artículos, en los resúmenes, así como rectificaciones menores en la redacción de los artículos y en las traducciones de los Resúmenes/Abstracts, aunque la política general es la de consultar a los autores sobre estos cambios.

### Normas generales de presentación

Los manuscritos, que deben estar escritos en español, se recibirán en el correo electrónico a revista. lhawet@gmail.com hasta el 15 de febrero de cada año. No serán aceptados artículos que contengan lenguaje sexista o discriminatorio.

Deberán entregarse en archivo de procesador de textos, en hoja A4, con letra arial 11, espaciado doble, con márgenes de 2 centímetros y con una extensión máxima 15 páginas (incluyendo tablas y figuras). Todas las hojas deben ir numeradas.

### Estructura del artículo

El título del trabajo tanto en inglés como en castellano, debe estar en negrita y minúscula (con la primera letra en mayúscula) y centrado.

El nombre de cada autor debe estar completo y seguido por el apellido. Los autores se deben separar con coma y deben estar en negrita y minúscula.

La información del lugar de trabajo (institución, dirección postal, correo electrónico) debe estar en minúscula.

Resumen (hasta 500 palabras), palabras clave. Abstract (hasta 500 palabras), keywords (se recomienda entre tres y seis palabras claves).

Se recomienda organizar el texto incluyendo: Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Referencias bibliográficas. El título de cada sección debe estar en minúscula (excepto la primera letra) y negrita. Los subtítulos deben estar en negrita y cursiva.

### Ilustraciones, cuadros y fotografías

Deben estar indicadas en el texto (con nombre y número) y enviarse por separado en formato de imagen (jpg, tiff, gif) a 300 dpi de resolución.

### Referencias

Las referencias estarán ordenadas alfabéticamente y deberán seguir el siguiente formato:

Papers: Se nombrarán todos los autores (apellido e iniciales). Año de publicación. Título del trabajo.

Nombre de la revista, Volumen y páginas. Ejemplos:

Zuluoaga, F.; Morrone, O. & Rodríguez, D. 1999. Análisis de la biodiversidad en plantas vasculares de la Argentina. *Kurtziana* 27: 17-167.

Baker, G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53: 997-1010.

Libros: Se nombrarán todos los autores (apellido e iniciales). Año de publicación. Título del libro. Editorial. País. Número de páginas. Ejemplo:

Demaio, P.; Karlin, U.O. & Medina, M. 2002. Árboles Nativos del Centro de Argentina. Ed.

L.O.L.A. (Literature of Latin American) Bs. As. 209pp.

Capítulos de libros: Autores. Año. Nombre del capítulo. Compiladores. Nombre del libro. Editorial. País. Número de páginas.

Ejemplo:

de Viana, M. 2009. La dimensión global y local de los problemas ambientales. En: Giannuzzo, A.N. y M.E. Ludueña (Compiladoras). *Cambios y Problemas Ambientales: perspectivas para la acción*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. pp.103-122

Páginas web: dirección completa y fecha de consulta. Ejemplo:

WIEWS, 2009. World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources). Consultado en <http://apps3.fao.org/wiews/wiews.jsp>. Diciembre 2009.

Las citas realizadas en el texto si tienen más de dos autores se colocará *et al.* Cuando se cita más de un artículo se colocarán separados por punto y coma y ordenados por fecha de publicación. Por ejemplo: (Pérez 1999; Suarez 2001; López *et al.* 2006; Ordoñez *et al.* 2010). Cuando se cite en el texto un apellido compuesto se debe colocar guion medio entre los mismos. Por ejemplo: Quesada-Ramos.



Este libro se terminó de imprimir  
en el mes de diciembre de 2015, en los talleres de



Córdoba 714 · 4400 Salta · R. Argentina  
Tel/fax 54 387 4234572 · [administracion@mundograficosa.com.ar](mailto:administracion@mundograficosa.com.ar)  
[www.mundograficosa.com.ar](http://www.mundograficosa.com.ar)



Instituto de Ecología y Ambiente Humano  
Universidad Nacional de Salta  
Avenida Bolivia 5150 • 4400 • Salta • Argentina