



Restauración ecológica de humedales del Monte. Técnicas participativas en el sitio RAMSAR Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero (provincias de Mendoza y San Luis, Argentina)

*Ecological restoration of Monte wetlands. Participatory techniques
at the RAMSAR site “Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero”
(provinces of Mendoza and San Luis, Argentina)*

HEBER SOSA^{1*}, NIDIA AMAYA¹, DANIEL BLANCO¹, SARA RODRÍGUEZ²,
GUSTAVO ALOY², PATRICIA PERALTA¹, JERÓNIMO SOSA¹ Y JENNIFER DELGADO²

¹ Fundación Humedales /Wetlands International

² Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza Argentina

*<sosafabre@yahoo.com.ar>

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de acciones de restauración ecológica con participación social en antiguos humedales del Sitio RAMSAR “Lagunas de Guanacache, Desaguadero y Bebedero” en un sector limítrofe entre Mendoza y San Luis (Argentina). Desde el año 2011 se vienen realizando intervenciones destinadas a detener la erosión retrocedente en cárcavas que ingresan al sistema de humedales en las nacientes del río Desaguadero. Se construyeron 22 obras del tipo de terraplenes o bordos, con material del lugar, revestidas con geotextil para evitar su degradación. Luego de nueve años de funcionamiento se ha logrado acumular agua de lluvia y sedimento, lo que contribuye a la restauración de aproximadamente 1000 ha de humedales. Con estos resultados se ha logrado mejorar la biodiversidad relacionada con el sector intervenido y se ha contribuido a la recuperación de un servicio ecosistémico clave, como la disponibilidad de agua dulce para el ganado y el riego de pasturas. Esto beneficia a unas 300 familias ganaderas de pueblos originarios huarpes.

ABSTRACT

Results of participatory ecological restoration actions are presented in old wetlands of the RAMSAR Site ‘Lagunas de Gauancache, Desaguadero y del Bebedero’ in a sector bordering Mendoza and San Luis provinces (Argentina). Since 2011, interventions have been underway to stop back-hoe erosion in gullies entering the wetland system in the headwaters of the Desaguadero River. Twenty-two embankments and boards were built with geotextile-coated site material to prevent their degradation. In nine years of operation, rainwater and sediment have been accumulated to contribute to the restoration of about 1000 ha of wetlands. These results have improved biodiversity

related to the intervention sector and contributed to the recovery of a key ecosystem service, such as the availability of fresh water for livestock and pasture irrigation. This benefits some 300 Huarpe cattle-raising families.

Palabras clave: humedales, tierras secas, restauración, comunidad huarpe

Keywords: wetlands, drylands, restoration, Huarpe community

INTRODUCCIÓN

Las lagunas de Guanacache, ubicadas, en el Centro-Oeste argentino, constituyen el Sitio Ramsar “Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero” (LGDyB). Ocupan una superficie total de 962.370 ha (Sosa, 2007). Sus humedales se desarrollan, principalmente, donde confluyen los ríos Mendoza y San Juan y los desagües en el río Bermejo del sistema de los ríos Jachal y Vinchina, vinculados a las provincias de San Juan y La Rioja (Torres, 2015). Aportes estacionales del sistema Layes-Tulumaya (Mendoza) y del río del Agua (San Juan) configuran lo que fue el ambiente lacustre, para luego dar origen al río Desaguadero (García Llorca & Cahiza, 2007) (**Figura 1**).

Estudios arqueológicos demuestran que, debido a un largo proceso de desecación de unos 200 años, las lagunas comenzaron a deprimirse hasta alcanzar en algunos casos el desecamiento total (Hernández & Chiavazza, 2009). A principios del siglo XX, fueron consideradas extinguidas (Marzo & Arias, 1975) debido a la fuerte modificación que sufrieron, producto del desarrollo de los oasis de riego con fines agrícolas en sus principales cuencas de aporte (Abraham & Prieto, 1981), situación de deterioro que ocurre hasta la fecha.

La pérdida de suelos causada por la erosión retrocedente en las nacientes del río Desaguadero desestabilizó la es-

tructura del sistema de humedales. Las canalizaciones efectuadas en los ríos, con pérdida de meandros, provocaron un aumento en la velocidad de los flujos superficiales (Sosa & Amaya, 2015), lo que favoreció la erosión hídrica y la formación de cárcavas en los principales receptores (Ulaco & Funes, 2006).

Estudios de base realizados para el proyecto que se describirá en este trabajo permitieron relevar un sistema de unas 150 cárcavas en las nacientes del río Desaguadero, las cuales ingresan en forma retrocedente al complejo de bañados y lagunas (**Figura 1**). En este contexto, presentaremos los avances sobre las acciones de restauración ecológica con participación social realizadas para el restablecimiento de las zonas de humedales del Sitio Ramsar, con miras a la recuperación de sus características esenciales para el mejoramiento de los servicios ecosistémicos que benefician a las familias de la zona.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la elección de los sectores de intervención y diseño de obras de restauración, se realizaron 30 talleres con las comunidades locales, algunos de ellos con la participación de técnicos y representantes de gobiernos de ambas provincias (Sosa & Amaya, 2015), en las localidades de San Miguel, El Retamo, El Forzudo (Mendoza) y Las Trancas (San Luis). En

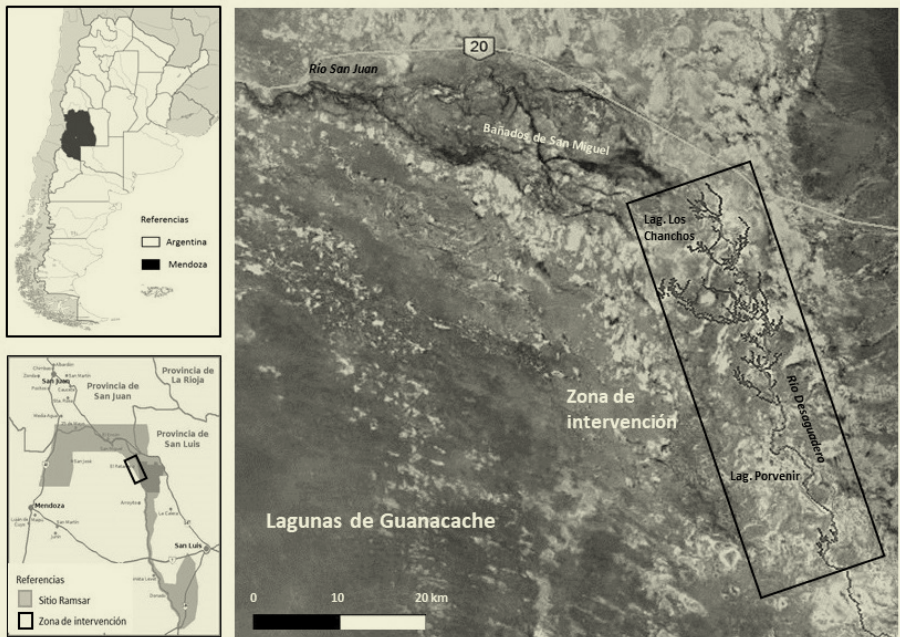


Figura 1. Mapa de ubicación
Figure 1. Location map

ellos, se trabajó sobre estrategias de participación por parte de las comunidades, fortalecimiento institucional y vinculación con instituciones gubernamentales, siguiendo el concepto de proceso participativo según Roger Norton (2004) y de intervención social según Ander Egg (2003). Para la difusión de las acciones se participó en programas radiales en El Retamo, “FM Guanacache”, en Mendoza y en La Tranca, “FM Huarpe”, en San Luis.

Para el diseño metodológico sobre restauración ecológica se tuvieron en cuenta documentos técnicos (Ramsar 2002, 2012, 2013 y 2015), recomendaciones de la sociedad internacional de restauración ecológica (SER, 2004) y principios y directrices de UICN (Keenleyside et al., 2014).

Las obras incluyeron modelos de terraplenes revestidos con geotextil, construidos con retroexcavadoras con material del lugar (sedimentos arcillosos) (Sosa et al., 2012; Sosa & Amaya, 2015), basadas en el concepto de “trampas de agua y sedimento” (Vich & López Rodríguez, 2010).

Las intervenciones fueron realizadas en 15 cárcavas en nacientes del río Desaguadero, zona de descarga del bañado de San Miguel y viejos fondos de laguna Porvenir (**Figura 1**).

Para georreferenciar los sectores de intervención, se utilizó GPS de doble frecuencia. Se relevaron secciones de cárcavas y pendientes longitudinales. Además, se diseñaron los parámetros geométricos necesarios para el diseño de

las obras (tales como altura de la presa; talud de aguas abajo; talud aguas arriba, longitud de obra) (Marañón & Dávila Madrid, 2011) y se calcularon los volúmenes acumulados de agua y sedimentos luego de cada precipitación (Salinas Acosta et al., 2010)

Entre los años 2011 y 2018, se construyeron 22 obras de restauración, en la provincia de Mendoza, dos en San Miguel (bañado de San Miguel), 8 en El Retamo (laguna Los Chanchos) y 6 en El Forzudo (laguna El Porvenir). Entre los años 2015 y 2019 se construyeron 6 obras adicionales en cárcavas que desembocan en el río Desaguadero en la localidad de La Tranca, San Luis.

Para calcular el agua acumulada luego de una precipitación, se registró en cada obra altura o nivel del agua, el ancho y la longitud del sector inundado. En la zona no se dispone de información de precipitación precisa, sin embargo, en página www.accuweather.com, se encontraron datos de lluvia para la zona de El Retamo que se obtuvieron en base a la refractancia de las nubes a partir de imágenes satelitales.

La deposición del material sólido en la zona de acumulación de agua se produce por el arrastre estival de sedimentos de la cuenca de alimentación, según la intensidad de la lluvia, las pendientes, el grado de compactación de los colectores naturales y el tipo de terreno (Castaño et al., 1998). Siguiendo a este autor, se midió el sedimento acumulado a través de registros de puntos fijos y reglas colocadas en campo.

Para el análisis de las variables hidroquímicas se tomaron muestras de agua acumulada en 6 obras (1 en verano y 1 en invierno, entre 2014 y 2017) para determinaciones analíticas de obras con

mayor volumen acumulado. Se midieron parámetros físicoquímicos *in situ* como: pH (pHmetro marca Denver Instrument UP -10), conductividad eléctrica y temperatura (termoconductímetro marca Thermo Russel RL060C Portable Cond Meter), transparencia (Disco de Secchi), y profundidad (Ecosonda Garmin).

Para el análisis de la comunidad planctónica se tomaron un total de 10 muestras, antes y después de las lluvias, en 3 obras con agua acumulada (Pasarela, Puertita y Chayito). Las de zooplankton fueron extraídas mediante filtrado de 100 litros de agua, con red de 45 μm de abertura de malla, conservadas con formol al 4%. Para el estudio cualitativo de fitoplancton se filtró agua mediante arrastre superficial de red de 20 μm de poro, conservadas con formol 4%. Para los análisis cuantitativos de este último se colocaron las muestras en frasco de 100 ml color caramelo, fijadas con lugol (APHA, 1995). El recuento de fitoplancton se realizó en cubetas de sedimentación con uso de microscopio invertido, hasta alcanzar un coeficiente de variación de 10% (APHA, 1995).

Para verificar la respuesta de la biodiversidad, se eligió a las aves como grupo indicador, siguiendo a Paracuellos & Tellería (2004), quienes aseguran que, en estos ambientes, la riqueza y abundancia de aves pueden cambiar por la disponibilidad de alimento y el tamaño del humedal. Las aves se diferenciaron en terrestres, acuáticas y relacionadas con humedales (según López-Lanús & Blanco, 2005; Martínez, 1993). Se midieron parámetros de riqueza y abundancia mediante transectas de 500 m en los sectores afectados por las obras de restauración, con frecuencia estacional desde 2015 al 2019.

Para evaluar eventuales cambios en la vegetación circundante a las intervenciones (obras La Puertita, La Pasarela y el Chayito), se emplearon imágenes satelitales de la misión Landsat – sensor OLI, gestionada conjuntamente por el USGS y la NASA. Las fechas de las imágenes fueron del 14 de abril de 2013 y del 17 de abril de 2020. Se realizó un análisis digital de escenas seleccionadas, con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI, el cual permite estimar e identificar la calidad, cantidad y desarrollo de la vegetación (Arboit & Maglione, 2018).

RESULTADOS

De las obras construidas, 18 fueron terraplenes revestidos con geotextil transversal a cárcavas, diseñadas para retener agua de lluvia y sedimento (**Figura 2, a**). Tres obras fueron bordos de tierra de mayor longitud, construidos en las cabeceras de cárcavas (zona de avance de erosión), con el objeto de retener agua en fondos lacustres y detener avance de erosión retrocedente (**Figura 2, b**), y en una obra solo se profundizó un viejo curso de agua en el sector de bañado de San Miguel.

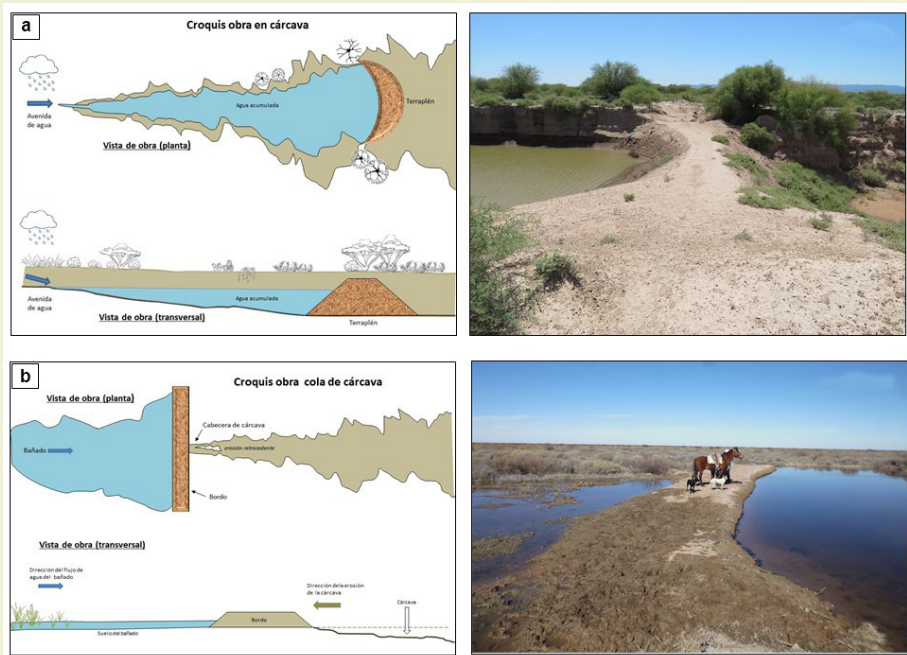


Figura 2. a) Croquis de terraplén atravesando cárcava en Pedernal. b) Croquis de bordo en la zona de avance de cárcava en La Pichanita
Figure 2. a). Fill sketches passing through safflower in Pedernal. b) Board sketches in the safflower feed zone in La Pichanita

Características de las obras

Los terraplenes construidos dentro de las cárcavas tuvieron un promedio de 40 m de longitud, con una altura promedio de 3,82 m. lo que permitió una profundidad del agua (a obra llena) de 2,36 m. Mientras que los bordos tuvieron una longitud promedio de 205 m, con altura media de 0,8 m y una profundidad que no superó los 1,5 m. Esto permitió una amplia distribución de agua en el terreno, sin que se pierda en la cárcava colector (Tabla 1)

Agua acumulada

De marzo de 2012 a marzo de 2020 se acumularon un total de 9.141.216 m³ de agua de lluvia, distribuida en 9 años en 14 obras de restauración en funcionamiento (Tabla 2).

Cada año, el período de llenado de las zonas de restauración comienza con las primeras lluvias (noviembre-diciembre) y termina con eventos de mayor precipitación generalmente en enero-febrero. Los momentos de llenado (total o parcial) de cada obra, dependen de las precipitaciones locales. De igual modo el volumen de agua acumulado es el resultado del agua escurrida en el sector gracias a la cantidad de lluvias caídas en la temporada.

Si bien no se han medido efectos de la evaporación e infiltración que disminuyen la permanencia de agua en reservorios, se ha observado que esta última disminuye con el tiempo de funcionamiento de obra. Es probable que esto se deba al sedimento acumulado con los años y al efecto del pisoteo de animales que mejora la impermeabilidad en los basamentos. Esta observación coincide con lo que indican Castaño et al. (1998),

quienes demuestran que, en una represa con varios años de uso, puede esperarse una pérdida por infiltración del 25% del total del agua ingresada al año.

Las obras de mayor envergadura suelen mantener más tiempo el agua acumulada, llegando a completar un ciclo anual. En el caso de los sitios La Pasarela y La Puertita, en la temporada estival del 2018 llegaron a acumular 1,76 hm y 0,2 hm respectivamente y el agua en el reservorio duró de un año a otro.

Superficie de afectación

Con el funcionamiento de estas obras se encuentran en proceso de restauración unas 1000 hectáreas de humedales y ambientes circundantes relacionados. Se ha estimado que las intervenciones afectan a una franja continua de unos 60 km de longitud por unos 15 km de ancho, cuya superficie aproximada representa casi el 5% de todo el Sitio Ramsar (Figura 3).

Sedimento acumulado

Del total de 7 obras medidas, se obtuvo un promedio de 0,93 cm de sedimento acumulado en la base del terraplén, con un valor máximo que llegó a los 2 m en 8 años de funcionamiento de obra (Tabla 3).

Teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento de las obras, se está registrando una acumulación promedio de 0,90 cm de sedimento, independientemente de la cantidad de lluvia, el tipo de sedimento, la pendiente u otras variables.

Características del agua acumulada en las obras realizadas

Las aguas acumuladas en los sectores de las intervenciones, tuvieron altas tem-

Tabla 1. Características estructurales de las obras realizadas en el sitio Ramsar LGDyB
Table 1. Structural characteristics of the works carried out on the Ramsar LGDyB site

Nº	Prov.	Obra	CARACTERÍSTICA DE OBRA					
			Tipo	Long. (m)	Altura (m)	Profundidad agua en (m)	Sedimento acumulado (m)	Sup. de afectación (Ha)
1	MENDOZA	Palo Seco	terraplén	25	2,5	1,5		22,6
2		Corral de Julia	canal	300	1,5	1		15
3		El Chayito	terraplén	18	2,5	2	0,6	35
4		La Puertita	terraplén	45	6	5	1	64,3
5		La Pasarela	terraplén	80	12	9	2	214
6		Los Camperitos	terraplén	10	4	3		20,4
7		Los Camperitos 1	terraplén	6	2	1		
8		La Sepultura	terraplén	14	3	1,5		25
9		La Pichanita	bordo	40	1,5	1,5		452
10		Pozo Alambrado	terraplén	25	1,8	1,5		33
11		Pedernal 2	terraplén	20	5	2	0,4	14
12		Pedernal 1	terraplén	10	3	0,5	0,8	
13		Pedernal 3	terraplén	7	2	1		
14		Los Caballos	bordo	225	0,6	0,3		7
15		Los Caballos 1	terraplén	25	2	1,5		
16		Las Marías	bordo	325	0,8	0,6		8
17	SAN LUIS	Los Valdeces	terraplén	25	2,5	1,5	0,8	2,7
18		Rancho Gil	terraplén	45	2,5	1,5		10
19		Pozo La Sal	terraplén	49	3	2		40
20		Los Loros	terraplén	117	2	1		3
21		Almbre Colgado	terraplén	51	5	3		14
22		Paso de los Coches	terraplén	130	8	4		13

Tabla 2. Detalle de la acumulación de agua de lluvia en las obras de restauración realizadas en a lo largo del tiempo en el sitio Ramsar LGDyB
Table 2. Detail of the accumulation of rainwater in the restoration works carried out over time at the Ramsar LGDyB site

Obras	Agua acumulada en m3 por año								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pasarela	20.634,4	671.575,0	168.300,0	1.023.637,8	800.100,0	1.023.637,8	1.758.572,8	1.197.195,0	300.466
Puertita	19.173,3	58.880,0	54.400,0	58.880,0		58.880,0	204.997,0	162.210,0	26.977
Chayito	11.386,7	39.100,0	30.900,0	34.942,3	16.260,0	34.942,3	12.420,0	6.775,0	7.481
Pedernal 1		31.049,0	8.000,0	6.253,2	27.533,3	6.253,2	32.785,0	10.034,0	264
Pedernal 2									
Pedernal 3				6.253,2	2.544,4				43
Camperito				424,0					6.862
Camperito 1				78,8					5
Sepultura				2.821,5	780,0		187,5	313,0	984
Los Caballos 1							53.798,0	36.617,0	
Los Caballos 2									
Las Marias							218.562,0	245.273,0	
Pozo Alambrado							6.723,0	7.407,0	4.473
La Pichanita							642.000,0		
Total acumulado	51.194,40	800.604,00	261.600,00	1.113.398,40	847.217,70	1.123.713,30	2.930.045,30	1.665.824,00	347.619,00
nº de obras	3	4	4	8	5	4	9	9	10

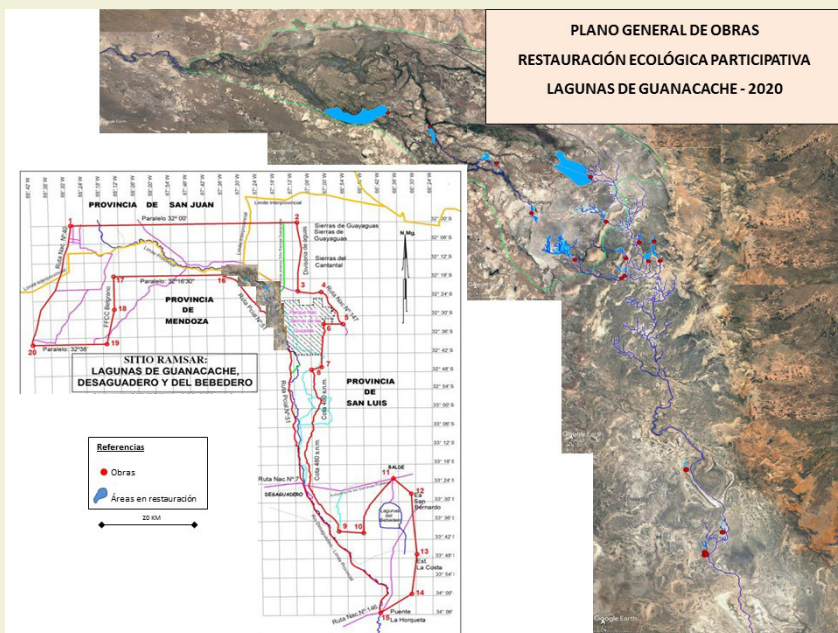


Figura 3. Detalle de los sectores y superficies intervenidas en el Sitio Ramsar LGDyB
Figure 3. Detail of the sectors and areas involved in the Ramsar LGDyB Site

Tabla 3. Sedimento acumulado por cada una de las obras de restauración realizadas en el Sitio Ramsar LGDyB
Table 3. Sediment accumulated by each of the restoration works carried out on the Ramsar LGDyB Site

Table 3. Sediment accumulated by each of the restoration works carried out on the Ramsar LGDyB Site

Obra	Sedimento acumulado	Tiempo en años
El Chayito	0,6 m	7
La Puertita	1 m	8
La Pasarela	2 m	8
Pedernal 2	0,4 m	6
Pedernal 1	0,8 m	6
Los Valdeces	0,8 m	4

peraturas en los meses estivales (28.6 °C en promedio), en respuesta a la elevada temperatura atmosférica (35.3°C promedio) en los monitoreos de verano 2015, 2016 y 2017. Mientras que, en los meses invernales (agosto de 2017), los valores disminuyeron entre 14 y 15 °C. El pH fue alcalino a francamente alcalino en diciembre 2014 y febrero 2016, excepto en marzo de 2015 y en El Pedernal en diciembre 2014, cuando las aguas se registraron con pH neutro (7.4 unidades de PH)

La concentración de sales fue elevada en todos los sitios en el mes de diciembre de 2014, principalmente en el sitio La Puertita con 8700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aunque descendió a 3100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en agosto 2017. Todos los ambientes analizados registraron disminución de sales con el aumento del caudal de llenado, con valores de conductividad que promediaron los 957,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Por otro lado, según el balance iónico de las aguas acumuladas, se tipifican como cálcicas sulfatadas, excepto en el sitio La Puertita la que presentó aguas cloruradas sódicas (RockWare Aq.QA 2005). No se detectó presencia de metales como cadmio, cobre o mercurio.

En diciembre de 2014, el arsénico superó el límite permitido por la OMS (2006) (0,01 mg/l para bebida y 0,015 mg/l para la vida acuática). Luego del período lluvioso (enero-febrero) de cada año su concentración fue inferior a los límites de detección.

Entre los nutrientes, el N-Nitrato se encontró presente en todos los momentos considerados (entre 1.1 y 6.6. mg/l), mientras que el fósforo total en relación con el nitrógeno, constituyó el nutriente limitante para la productividad primaria.

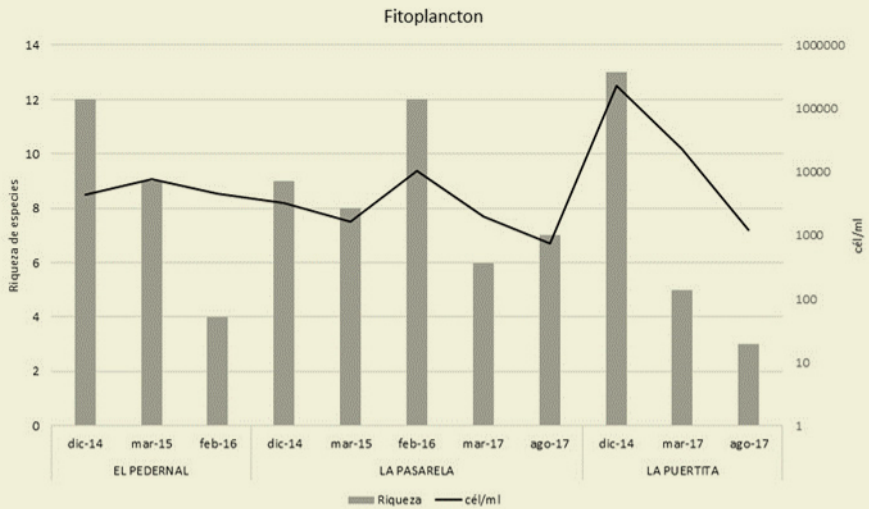
Dinámica de comunidades acuáticas

Para todos los sitios analizados, se describió un total de 53 especies de algas, en su mayoría planctónicas propiamente dichas, incluyendo criptofíceas, clorofíceas, diatomeas, cianofíceas, pirrofíceas y euglenofíceas. La proporción de las mismas fue variable, con predominancia de cianofíceas en 2014, coincidentemente con los menores volúmenes de agua acumulados. Las clorofíceas fueron las dominantes en los sitios El Pedernal y La Pasarela desde marzo de 2015 a agosto de 2017. Las euglenofíceas, en cambio, dominaron la comunidad en La Puertita en marzo de 2017, mientras que las pirrofíceas y diatomeas se encontraron con menor frecuencia en todos los análisis realizados.

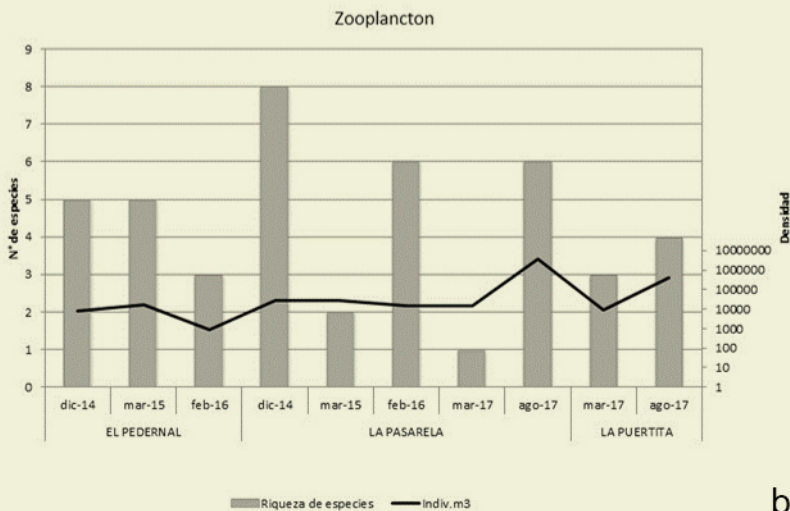
Debido al bajo caudal existente al comienzo de las obras (diciembre de 2014), la comunidad algal bentónica fue la más representativa, aportando el mayor número de especies y densidad. Con el avance del proceso de restauración (más tiempo del agua en el sistema), las algas planctónicas colonizaron todos los ambientes, con una mayor riqueza y densidad en febrero de 2016 en La Pasarela (**Figura 4a**).

La comunidad de organismos del zooplancton se encontró representada por 18 especies, entre copépodos, rotíferos, cladóceros, tecamebas y ostrácodos. Con mayor representatividad de copépodos y de rotíferos en todos los momentos considerados. Los cladóceros, ostrácodos y tecamebas se registraron en baja proporción.

En cuanto a la riqueza de especies el mayor valor fue en el sitio La Pasarela, en diciembre 2014, febrero 2016 y en agosto de 2017 (8 y 6 taxa respectivamente), en



a



b

Figura 4. a) riqueza de especies y densidad (en logaritmo) de fitoplancton en El Pedernal, La Pasarela y La Puertita. b) riqueza de especies y densidad (logaritmo) de organismos de zooplancton en El Pedernal, La Pasarela y La Puertita

Figure 4. a) richness of species and density (in logarithm) of phytoplankton in El Pedernal, La Pasarela and La Puertita. b) richness of species and density (logarithm) of zooplankton organisms in El Pedernal, La Pasarela and La Puertita

los restantes momentos la riqueza no superó las 5 taxa. Sin embargo, la densidad fue alta con un promedio de 288.718 indiv/m³, con el mayor valor registrado en La Pasarela en agosto de 2017 debido a la alta densidad de larvas de copépodos. (Figura 4b).

Respuesta de las aves

Los resultados de los monitoreos de aves realizados en los sectores de intervención dieron un total de 85 especies, pertenecientes a 15 órdenes y 27 familias. De las

mismas, 60 especies fueron terrícolas, 23 acuáticas y 2 relacionadas con humedales.

Con respecto a la presencia de aves acuáticas en los humedales en restauración (en las obras el Chayito, La Pasarela, La Puertita y Los Pedernales) se dio en forma gradual. Las primeras especies aparecieron en el año 2015 y fueron los patos *Anas georgica*, *Anas bahamensis* y *Oxyura vittata*, el tero común (*Vanellus chilensis*), el pitototy grande (*Tringa melanoleuca*), la gallareta común (*Fulica leucoptera*) y la maca pico grueso (*Podilymbus podiceps*) (Tabla 4).

Tabla 4. Aparición gradual de aves acuáticas por años y por obras. Pe: Pedernal, LPA: La Pasarela, LPu: La Puertita; CH: el Chayito
 Table 4. Gradual appearance of waterfowl for years and by works. Pe: Flint. LPA: The Gateway. LPu: La Puertita; CH: the Chayito

AVES ACUATICAS	Años	Obras				
		Pe	LPA	LPu	Ch	
<i>Anas georgica</i>	2015	x	x		x	
<i>Anas bahamensis</i>					x	
<i>Oxyura vittata</i>			x			
<i>Fulica leucoptera</i>			x			
<i>Vanellus chilensis</i>					x	
<i>Tringa melanoleuca</i>			x	x		x
<i>Bartramia longicauda</i>						x
<i>Podilymbus podiceps</i>			x			
<i>Tringa flavipes</i>		2016		x		
<i>Hymantopus melanorus</i>			x			
<i>Tachybaptus dominicus</i>	2017			x		
<i>Anas flavirostris</i>				x		
<i>Rallandia rolland</i>				x		
<i>Gallinula melanops</i>				x		
<i>Charadrius collaris</i>	2018				x	
<i>Fulica armillata</i>				x		
<i>Heteroneta atricapilla</i>				x		
<i>Fulica rufifrons</i>				x		
<i>Anas sibilatrix</i>	2019			x		
<i>Bubulcus ibis</i>				x		
<i>Coscoroba coscoroba</i>				x		

El resto de las especies de aves acuáticas se fueron sumando en los años siguientes hasta completar la mayor riqueza total de 23 especies (registrada hasta el verano de 2019), siempre dependiendo de la presencia de agua en las obras.

Análisis comparativo de imágenes satelitales

Conforme a la distribución de los valores del índice NDVI, en el sector de análisis

(La Pasarela, La Puertita y El Chayito), se observa que los rangos estadísticos de los valores mínimos y máximos del índice han aumentado entre 2013 (Figura 5a) y 2020 (Figura 5b).

En relación al comportamiento del índice NDVI, el valor medio creció levemente (0,020) en el periodo comprendido entre el año 2013 y 2020. Dicho valor es suficiente como para observar el cambio en la vegetación circundante (Figura 5).

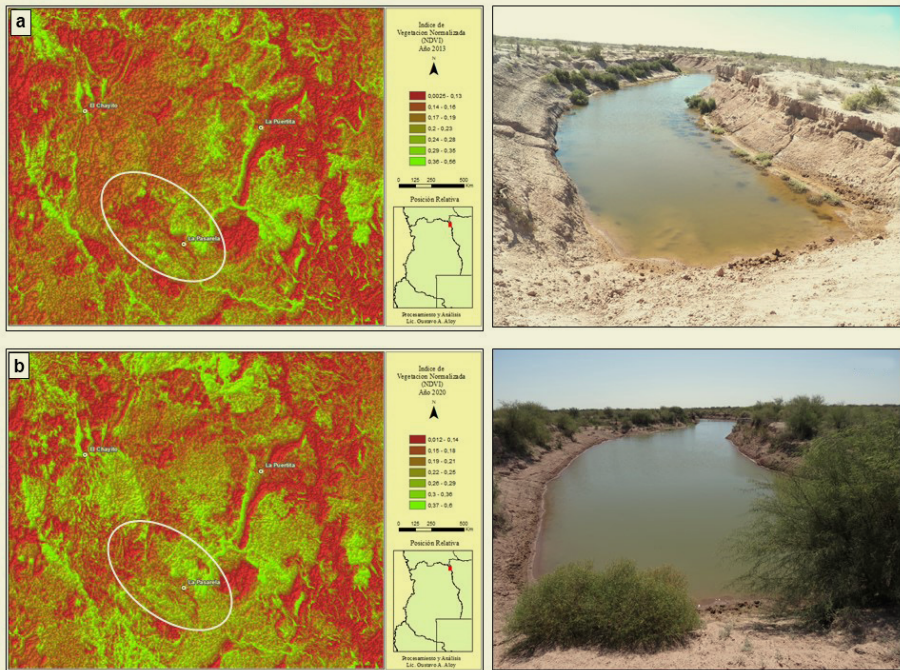


Figura 5. a) Sector de obras Laguna los Chanchos, El Retamo (obras con 2 años de funcionamiento), obra La Pasarela (marzo 2013) (indicada con círculo). b) Sector de obras Laguna los Chanchos, El Retamo (con 9 años de funcionamiento), obra La Pasarela (marzo 2020) (indicada con círculo)

Figure 5. a) Laguna los Chanchos works sector, El Retamo (works with 2 years of operation), work La Pasarela (March 2013) (circle). b) Laguna los Chanchos construction sector, El Retamo (with 9 years of operation), work La Pasarela (March 2020) (circle)

Como resultado de los talleres se realizaron acuerdos con cada una de las comunidades, mediante firma de actas, para la construcción de obras (lugar, materiales, diseños) y se capacitó a los pobladores participantes para el seguimiento y monitoreo de las acciones de restauración. En la actualidad los vecinos ganaderos ponen en valor la importancia de las obras ya que actúan como únicos reservorios de agua en épocas de crisis hídrica. Prueba de esto es la incorporación, en asambleas comunitarias, del tema humedales, su necesidad de restauración y el interés en la gestión de financiamiento para proyectos relacionados con acceso al agua.

El impacto de los resultados del funcionamiento de las obras, impulsó a las instituciones educativas de la zona a organizar charlas de concientización con los jóvenes residentes en las distintas localidades. Respecto al fortalecimiento institucional, se amplió la red de instituciones relacionadas al proyecto de ambas provincias (**Tabla 5**)

CONCLUSIONES

Con los resultados del funcionamiento de las obras de restauración es posible rescatar las siguientes conclusiones que nos puede servir, además, como lecciones aprendidas

Tabla 5. Red de instituciones aliadas al proyecto
Table 5. Network of institutions allied to the project

Provincias	Instituciones
Mendoza	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial
	Dirección de Recursos Naturales Renovables
	Guardaparques de Reserva Provincial Bosques Telteca
	Secretaria de Agricultura Familiar. Delegación Lavalle
	Facultad de Ingeniería . Universidad Nacional de Cuyo
	Dirección Provincial de Hidráulica
	Tecnicatura Superior en Conservación de la Naturaleza
	Dirección General de Escuelas
	Escuela Albergue N° 4-254 «Caye Hane» San Miguel, Lavalle
	Escuela Albergue N° 8-382 «Francisco Rizzuto» El Forzudo, Lavalle
	Escuela Albergue N° 8-388 «Fundación Ceraya» El Retamo, Lavalle
	Municipalidad de Lavalle
Municipalidad de La Paz	
San Luis	Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción
	Programa Culturas Originarias Ministerio de Turismo
	Fundación para el Estudio e Intervención Socio Ambiental

para la réplica de estas acciones en este y en otros humedales de la región:

- Es posible retener agua de lluvia y sedimento en cárcavas que afectan la estructura de los humedales, mediante la construcción de obras con material del lugar y aportes de nuevas tecnologías (estudios topográficos e hidrológicos, incorporación de membrana geotextil y aplicación de técnicas ingenieriles para los diseños de obras)
- Con las obras en funcionamiento es posible acumular en un año lluvioso (2018) hasta 4 hm de agua de lluvia. Esto representa unas 2.000 represas llenas con agua. Gran parte de esta agua puede permanecer en el sistema hasta el próximo período estival.
- Con la captura de agua en las obras, es posible retener hasta 2 m de sedimento. Esto puede estar relacionado con el tipo de suelo y la cantidad de lluvia caída localmente. El sedimento acumulado contribuye a la recuperación de suelo y a levantar los niveles de base de las cárcavas intervenidas.
- El efecto provocado por la acumulación de agua y sedimento durante nueve años en catorce de las 22 obras construidas contribuye a iniciar un proceso de restauración pasiva de unas 1000 ha de humedales y ambientes circundantes. Esto se ve reflejado en los resultados de los monitoreos de aves, el incremento en la diversidad de organismos acuáticos (fito y zooplankton) y en la recuperación pasiva de la vegetación expresada en los análisis de índices verdes a través de imágenes satelitales.
- Se observó una respuesta positiva de la comunidad de aves a los efectos de la restauración. Antes de las intervenciones, este grupo tenía registros his-

tóricos (Sosa, 2017) que, con la recuperación de los sectores de humedales, determinó que la riqueza aumentara de 8 a 23 especies en los últimos cinco años.

- A nivel social, se encuentran beneficiadas unas 300 familias de ganaderos en forma directa, cuyos animales aprovechan el agua acumulada en zonas intervenidas, y las pasturas naturales se ven fortalecidas gracias al funcionamiento de las obras de restauración.
- Queda confirmada la participación de las comunidades locales, ya que los pobladores afectados a las acciones de restauración formaron parte activa del proceso de decisión, diseño, construcción y mantenimiento de cada una de las obras realizadas para la restauración de humedales.

AGRADECIMIENTOS

A las comunidades huarpes de El Retamo y El Forzudo de Mendoza, y de la Tranca, San Luis. A Enrique Guerra por los estudios topográficos. A Hugo Asencio por los monitoreos de fauna. A los estudiantes de la Tecnicatura Superior en Conservación de la Naturaleza (Te.Co.Na.): Diego Zeverini, Mauricio Ferrari, Matías Melo, Agustín Guaquinchay, Emiliano López, Damián Farina, Yamil Domínguez, Héctor Chávez, Darío Zangrandi, Joaquín González, por trabajos de campo. A los docentes de Te.Co.Na. Rodolfo Crivelli, Pablo Vitale, Daniel Disparti, Ariel Ghilardi y alumnos de 2° y 3° año de Te.Co.Na. A Guido Gonnet y Federico Hernández, por su apoyo en los estudios limnológicos. A Aníbal Manzur por sus aportes técnicos y metodológicos. A Alcides Araya por facilitarnos sus videos y registros fotográficos. A la Fundación AVINA Argen-

tina y a la Fundación Coca-Cola por sus aportes financieros.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, E. & M. PRIETO, 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el NE árido mendocino. Cuadernos del CEI-FAR 8: 110-139.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. Apha, Washington D.C. 1550 pp.
- ARBOIT, M. & D. MAGLIONE, 2018. Análisis multitemporal y multiespacial del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y del índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) en centros urbanos forestados y oasis irrigados, con climas secos. Boletín de Estudios Geográficos 9 (febrero-junio): 13-60.
- ANDER EGG, E., 2003. Repensando la investigación acción participativa. 4ª Edición Hymnitas. Grupo editorial Lumen. Colección Políticas, Servicios y Trabajo Social, 32 pp.
- CASTAÑO O., M. MAMANÍ & A. POLLINI, 1998. Tecnología para disminuir la evaporación, infiltración, y embanques en represas de los llanos de La Rioja. I Congreso de Desarrollo Regional. Catamarca.
- GARCÍA LLORCA, J. & P. CAHIZA, 2007. Aprovechamiento de los recursos faunísticos en las lagunas de Guanacache (Mendoza, Argentina). Análisis zooarqueológico de la Empozada y Altos de Mellen II. Chungará 39(1): 117-133.
- HERNÁNDEZ, F. & H. CHIAVAZZA, 2009. Aportes de la Geografía y la Arqueología para el análisis de las transformaciones en el humedal de Lagunas del Noreste Mendocino. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades, UNNE 6(12). Resistencia, Chaco.
- KEENLEYSIDE, K.A., N. DUDLEY, S. CAIRNS, C.M. HALL & S. STOLTON, 2014. Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. IUCN, Gland, Suiza. 118 pp.
- LÓPEZ-LANÚS, B. & D. BLANCO (Eds.), 2005. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004. Global Series No. 17. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- MARAÑÓN, C. & M. DÁVILA MADRID, 2011. Seguridad de las presas de gravedad frente al deslizamiento por macizo rocoso y discontinuidad. Revista de Obras Públicas nº 3.527. Año 158.
- MARTÍNEZ, M., 1993. Las Aves y la Limnología. En: Boltovskoy, A. y H.L. López (Eds.). Conferencias de Limnología. Instituto de Limnología «Dr. R.A. Ringuelet» (pp. 127-142). La Plata.
- MARZO, M. & H. ARIAS, 1975. Ríos del Sistema Hidrográfico Andino. Geografía de la República Argentina. Tomo VII 2º parte. Hidrografía. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Buenos Aires.
- NORTON, R., 2004 Políticas de desarrollo agrícola. Conceptos y Principios. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Capacitación en políticas agrícolas y alimentarias Volumen 2: 584 pp. Roma.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. Versión electrónica para la Web. RockWare. Aq.QA. 2005. Versión 1.1 (1.1.1.1)
- PARACUELLOS, M. & J. TELLERÍA, 2004. Factors Affecting the distribution of a waterbird community: the role of habitat configuration and bird abundance. Waterbirds 27(4): 446- 453.
- RAMSAR, 2002. Principios y lineamientos para la restauración de humedales. Resolución VIII.16. Humedales: agua, vida y cultura, 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Valencia, España, 18 a 26 de noviembre de 2002.

- RAMSAR, 2012. Los beneficios de la restauración de humedales. Nota Informativa. GECT. Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 22 pp.
- RAMSAR, 2013. Manual de la Convención de Ramsar, 6ª edición. Secretaría de la Convención de Ramsar Rue Mauverney 28 CH-1196, Gland, Suiza. 30 pp.
- RAMSAR, 2015. Una Alianza Mundial para la Restauración de los Humedales. Resumen del concepto, Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971).
- SALINAS ACOSTA A., R. RODRÍGUEZ QUIRÓS & D. MORALES HIDALGO, 2010. Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización (SCALL) / Documento: D-O6. Nicoya: Universidad Nacional, CEMEDE.
- SER, 2004. Society for Ecological Restoration International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Principios de SER International sobre la restauración ecológica Versión 2. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- SOSA, H., 2007. Propuesta de ampliación del Sitio Ramsar. Nueva denominación Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Versión 2006-2008. 23 pp.
- SOSA, H. N. AMAYA & N. OVANDO, 2012. Restauración y Conservación del Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Desaguadero. 1ª ed. Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales 2012. 64 pp.
- SOSA, H. & N. AMAYA, 2015. Restauración ecológica participativa de humedales en el sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero, Mendoza, Argentina. En: Martínez Carretero, E. & A. Dalmasso (Eds.). Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. 484 pp. 1ª ed.
- TORRES, E., 2015. Hidrología del río Desaguadero Cap. N°2 :43-60. En: Rodríguez Salas, A. (Ed.). Restauración de un sistema ecológico compartido. Estudio ambiental del Sitio Ramsar Laguna de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero. Ed. DUNKEN, Buenos Aires.
- ULACO, H. & N. FUNES, 2006. Estudios de Humedales del Centro Oeste de San Luis. Anexo 1: Informe botánico y ecológico. Flora, fauna y características ecológicas. Área Guanacache y Salinas del Bebedero. Universidad de San Luis.
- VICH, A. & M. LÓPEZ RODRÍGUEZ, 2010. Estrategias de mitigación y control de amenazas naturales en áreas de piedemonte. En: Vich, A. & M. Gudiño (Eds.). Amenazas naturales de origen hídrico en el centro-oeste árido de Argentina. Diagnóstico y estrategia para su mitigación y control en el Gran San Juan y Gran Mendoza. Cap. 19: 393-424. Ed. Fundación Universidad de San Juan, ZETA Editores 433 pp.

Recibido: 10/2020
 Aceptado: 02/2021