

## VEGETACIÓN ACUÁTICA BIOINDICADORA DE EUTROFIZACIÓN DEL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA)

Cristina Janet Fernández, Adriel Ian Jocou y Ricardo Gandullo

Departamento de Biología Aplicada. Fac. Cs. Agrarias, Universidad Nacional del  
Comahue, Argentina. cristinaf.faca@gmail.com

### COMPENDIO

El estado trófico de los ecosistemas acuáticos y en particular las comunidades vegetales que lo habitan son consecuencia de las características de la cuenca de drenaje y de las actividades socioeconómicas humanas que en ella se desarrollan. El aumento en la concentración de nutrientes determina cambios significativos en la estructura de la vegetación acuática. Como consecuencia, ciertas plantas acuáticas se comportan como tolerantes mientras que otras como intolerantes. En las áreas irrigadas del Alto Valle de Río Negro, Argentina, el sistema de riego y drenaje ha permitido el desarrollo económico local. El sistema de drenaje, integrado por desagües, capta el agua y los efluentes agrícolas, urbanos e industriales. Los desagües, colonizados por macrófitas acuáticas, están sujetos al proceso de eutrofización por recibir aportes continuos de efluentes con alto contenido orgánico, poseer aguas someras y con poca movilidad. El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar la vegetación de macrófitas bioindicadoras de eutrofización en el sistema de drenajes del Alto Valle de Río Negro, para aprovechar los usos potenciales que estos recursos hidrobiológicos ofrecen en el diagnóstico de eutrofización. Para ello, se utilizó el método fitosociológico para comparar la vegetación acuática y se clasificaron los desagües, según su ubicación, en rurales y urbanos. Se caracterizaron catorce comunidades vegetales, ordenadas en tres tipos de crecimiento: sumergidas, flotantes y emergentes; y dos ambientes: rurales y urbanos. Del total de comunidades vegetales, siete presentaron potencial bioindicador de eutrofización: *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. (sumergida, de ambiente rural), *Azolla filiculoides* Lam.-*Lemna gibba* L. (flotante, de ambiente rural), *Nasturtium officinale* W.T. Aiton., *Typha angustifolia* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin.

*ex* Steud. (emergentes, de ambiente rural), *Hydrocotyle ranunculoides* L. f. (emergente, de ambiente urbano) y *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet ssp. *hexapetala* (Hook. & Arn.) G.L. Nesom & Kartesz (emergente, de comportamiento indistinto entre ambos ambientes). Los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha, demuestran que las comunidades vegetales pueden utilizarse como indicadores biológicos del estado trófico de los desagües, lo que motiva profundizar los estudios para el diagnóstico de la calidad del agua del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro.

### PALABRAS CLAVE

Ambientes lóticos, aguas someras, contaminación acuática, recursos naturales.

### BIOINDICATOR AQUATIC VEGETATION OF EUTROPHICATION OF ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA)

#### ABSTRACT

The trophic status of aquatic ecosystems and in particular the plant communities that inhabit it are a consequence of the characteristics of the drainage basin and of the human socioeconomic activities that take place in it. The increase in nutrient concentration determines significant changes in the structure of aquatic vegetation. As a consequence, certain aquatic plants behave as tolerant while others as intolerant. In the irrigated areas of the Alto Valle de Río Negro, Argentina, the irrigation and drainage system has allowed local economic development. The drainage system, integrated by drains, receives water and agricultural, urban and industrial effluents. The drains, colonized by aquatic macrophytes, are susceptible to the eutrophication process by receiving a continuous supply of effluents with high organic content, having shallow and low mobility water. The objective of this work is to characterize vegetation of macrophytes bioindicators of eutrophication in the drainage system of the Alto Valle de Río Negro, to exploit the potential uses that these hydrobiological resources offer in the diagnosis of eutrophication. For this, the phytosociological method was used to compare the aquatic vegetation and the drains were classified, according to their location, in rural and urban. Fourteen vegetal communities were characterized, arranged in three types of growth: submerged, floating and emerging and two environments: rural and urban. Of the total number of plant communities, seven had bioindicator potential of eutrophication: *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. (submerged, of

rural environment), *Azolla filiculoides* Lam.-*Lemna gibba* L. (floating, of rural environment), *Nasturtium officinale* W.T. Aiton., *Typha angustifolia* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (emerging, of rural environments), *Hydrocotyle ranunculoides* L. f. (emergent, of urban environments) and *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet ssp. *hexapetala* (Hook. & Arn.) G.L. Nesom & Kartesz (emergent, of indistinct behavior between both environments). The preliminary results obtained to date, show that the plant communities can be used as biological indicators of the trophic state of the drains, which motivates to deepen the studies for the diagnosis of the water quality of the drainage system of the Alto Valle de Río Negro.

### KEYWORDS

Aquatic pollution, lotic environments, natural resources, shallow waters.

### INTRODUCCIÓN

El estado trófico de los ecosistemas acuáticos y las comunidades que lo habitan son consecuencia de las características de la cuenca de drenaje y de las actividades socioeconómicas humanas que en ella se desarrollan (Sosnovsky y Quirós 2006).

En las últimas décadas los centros urbanos, por su crecimiento, prosperaron en cercanía a los cuerpos de agua (Smith *et al.* 2001) con el consiguiente aumento de vertidos sólidos y líquidos ricos en nutrientes (Dolbeth *et al.* 2003). La eutrofización es una de las consecuencias de los procesos de contaminación del agua por el aumento de nitrógeno, fósforo y materia orgánica (Andersen *et al.* 2006) que ocasiona la degradación del ambiente acuático. Es un fenómeno complejo que involucra factores climáticos, físicos y biológicos. Puede ser de origen natural, ocasionado por la resuspensión de los sedimentos del fondo y fijación de nitrógeno por microorganismos; o de origen antrópico, como consecuencia del exceso de residuos industriales, agrícolas, urbanos y de plantas de tratamientos de aguas residuales (Howarth y Marino 2006).

El aumento de la concentración de nutrientes determina cambios significativos en la estructura de la vegetación acuática (Lachavanne *et al.* 1992, Ozimek y Kowalczewski 1984). Como consecuencia, algunas macrófitas se comportan como intolerantes frente a las nuevas condiciones impuestas, mientras otras se comportan como tolerantes al no verse afectadas (Cimdiňš *et al.* 1995). De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades vegetales pueden interpretarse como signos evidentes de eutrofización; donde la

vegetación es mejor indicadora de las condiciones ambientales que las especies (Hauenstein *et al.* 2008). En este sentido, Kollmann y Fischer (2003) destacan la importancia de las comunidades vegetales como herramienta aplicada en investigaciones ecológicas y en proyectos de conservación y restauración.

La eutrofización, tanto de manera directa por medio del aumento de la disponibilidad de nutrientes e indirecta a través de la disminución de oxígeno disuelto, provoca cambios estructurales y funcionales en la vegetación acuática. Este efecto puede reducir los hábitats y modificar la estructura de las comunidades vegetales al eliminar organismos sensibles (Cloern 2001). Además, durante el proceso de eutrofización, favorecido por los climas cálidos y aguas someras, se alteran la diversidad y abundancia de la vegetación acuática (Dolbeth *et al.* 2003).

La distribución y riqueza de las macrófitas es modificada por factores físicos del agua como turbidez, tipos de sedimentación o profundidad (Geurts *et al.* 2008, Rial *et al.* 2010) y por factores químicos como pH y concentración de nutrientes (Rolón *et al.* 2008, Rial *et al.* 2010). Por ejemplo, cuando la carga de nutrientes vertida es alta, las especies flotantes pueden formar densas alfombras que cubren toda la superficie del cuerpo de agua. En consecuencia, las macrófitas sumergidas se ven afectadas por la disminución de la cantidad de luz y por el carbono inorgánico disuelto (Akasaka y Takamura 2011).

La correlación entre calidad del agua y distribución de las principales macrófitas de la vegetación acuática, permite el uso de estas últimas como herramientas de detección de contaminación en medio acuático (Romero y Onaindia 1995). Esta técnica de evaluación, denominada bioindicación, es una alternativa de análisis económica, fiable y sencilla en comparación con los métodos convencionales de muestreo (Zurayk *et al.* 2001); donde al organismo con capacidad indicadora se le denomina bioindicador. Las comunidades de macrófitas poseen potencial como bioindicadoras de eutrofización a partir de los cambios que éste proceso provoca en su distribución y abundancia. En Europa, desde la década de 1980, las plantas acuáticas son utilizadas para evaluar la calidad del agua (Thiebaut *et al.* 2002, Onaindia *et al.* 2005). Su valor como bioindicadoras del estado trófico de las aguas fue reconocido por la Comisión Europea (2000), dada su capacidad de reflejar la variabilidad en un área, muy difícil de caracterizar por medio de análisis químicos (Bezic *et al.* 2004). Si bien, las macrófitas son capaces de responder a las condiciones ambientales alteradas (Steffen *et al.* 2014), su capacidad disminuye si el disturbio se produce a corto plazo (Brabecz y Szoszkiewicz 2006).

En las áreas irrigadas del Alto Valle de Río Negro, el sistema de riego y drenaje ha permitido el desarrollo económico local. El sistema de drenaje, en particular, capta el agua y los efluentes agrícolas, urbanos e industriales. Por sus

características de ser poco profundos, un aporte continuo de efluentes con alto contenido orgánico y poca movilidad de agua, este sistema de agua artificial está sujeto al proceso de eutrofización.

Las principales fuentes de contaminación antrópica provienen de la actividad industrial frutícola (a partir de la materia orgánica de origen vegetal y de sustancias tóxicas como fungicidas, pesticidas y fertilizantes); de la actividad industrial (industria química, papeleras, etc.), la cual constituye una fuente potencial de sustancias orgánicas (hidrocarburos y detergentes) e inorgánicas (por ejemplo, metales pesados) (Lozeco 2014); y descargas de efluentes clandestinos de residuos sólidos urbanos. El constante aporte de efluentes al sistema de drenaje, desencadena el proceso de eutrofización y provoca modificaciones en la estructura de las comunidades vegetales, generando problemas económicos, ecológicos y sociales. En este sentido Jocou *et al.* (2018), confeccionaron el catálogo florístico del sistema de drenaje en el Alto Valle y destacan la necesidad de avanzar en el estudio de especies componentes de cada ecosistema, las cuales serían potencialmente bioindicadoras a la hora de comprender la dinámica de cada ambiente.

La obstaculización de la circulación del agua en los desagües, por las macrófitas presentes, crea condiciones de drenaje deficientes y favorece el proceso de salinización de los suelos, el cual afecta el rendimiento de los cultivos, con la consecuente pérdida económica. Por otra parte, el agua contaminada por elementos físicos, químicos, y/o biológicos, que circula por los desagües, finalmente desemboca en los ríos Neuquén y Negro y se convierte en una potencial causa de contaminación de los mismos. En consecuencia, la contaminación acuática es nociva para la salud, la seguridad o el bienestar de la población e impide la recreación y goce en los ríos. Es importante el desarrollo local de técnicas para el monitoreo del agua que circula por los desagües. Los análisis físicos-químicos para la evaluación de eutrofización suelen ser onerosos sin embargo, existen métodos alternativos a partir de los organismos vivos con diferentes adaptaciones evolutivas de tolerancia e intolerancia a distintas alteraciones del ambiente. Estos organismos son conocidos como indicadores biológicos o bioindicadores. Así, un indicador biológico está formado por un grupo de especies (grupo eco-sociológico) o comunidad vegetal cuya presencia (o estado) provee información sobre el impacto de ciertas prácticas antrópicas en el ambiente. La bioindicación, mediante las comunidades de macrófitas acuáticas vasculares, para la detección de desagües eutrofizados permite acceder a un diagnóstico rápido, fiable y económico que sentaría las bases para la mitigación. El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar la vegetación de macrófitas bioindicadoras de eutrofización en el sistema de drenajes del Alto

Valle de Río Negro, para aprovechar los usos potenciales que estos recursos hidrobiológicos ofrecen en el diagnóstico de eutrofización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro (66° 45' E y 68° 30' E y 38° 30' S y 39° 05' S) integrado por desagües, distribuidos en 13 localidades (Fig. 1). Este sistema fue construido con la finalidad de controlar la posición de la capa freática, evitar riesgos de salinización de suelos y captar los excedentes de riego del área frutihortícola. Según el artículo 167° del Código de Aguas de la provincia de Río Negro, Argentina (Volonté 2014) está permitido que actúen también como receptores de descargas industriales y cloacales tratadas. De esta manera, los efluentes de origen agrícola, industrial y doméstico modifican las cualidades físico-químicas del agua de los desagües. Dicha situación se acentúa a raíz de los efluentes clandestinos no contemplados en la legislación y que no reciben un tratamiento previo. Estos desagües se describen como ambientes dulceacuícolas lóticos de aguas someras que no superan los tres metros de profundidad y un ancho entre los dos y cinco metros. Se caracterizan por alojar comunidades vegetales acuáticas, con variabilidad temporal y espacial.

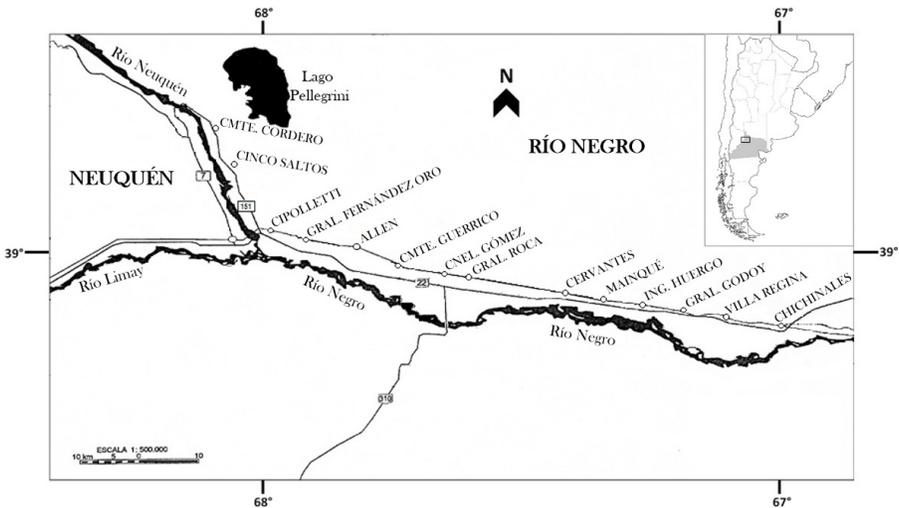


Fig. 1. Mapa de las localidades que componen al Alto Valle de Río Negro (Patagonia, Argentina).

## ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN

Se llevaron a cabo 110 censos de vegetación de plantas vasculares, en desagües previamente seleccionados a partir de mapas de la red drenaje, otorgados por los consorcios de riego, ubicados en las diferentes localidades que integran el Alto Valle de Río Negro.

Los inventarios florísticos se efectuaron durante dos años consecutivos (2015 y 2016), en parcelas de 25 m<sup>2</sup>, con el empleo del método fitosociológico de Braun-Blanquet (1979). Los registros florísticos incluyeron solo especies herbáceas. La composición y delimitación de las comunidades vegetales fue realizada mediante el análisis de los inventarios florísticos. El total de censos efectuados se sintetizó en una tabla fitosociológica final (Tabla I), con valores de grados de presencia para cada especie.

Para la identificación de las especies se emplearon la Flora Patagónica (Correa 1969, 1971, 1978, 1984a, 1984b, 1988, 1998, 1999), Flora Argentina (Flora Argentina 2017), publicaciones de Cabrera (1968) y Sosa *et al.* (2004). Las taxa se actualizaron mediante la página web de la Flora Argentina.

Los desagües fueron clasificados según su ubicación en urbanos y rurales de acuerdo a Jocou *et al.* (2018). El total de inventarios efectuados se redujeron en un cuadro comparativo sintético con valores de grados de presencia. Las comunidades vegetales se clasificaron en función del hábito de crecimiento de la especie dominante en: sumergida, flotante o emergente (Sculthorpe 1967).

Se elaboró una escala graduada en 0-1-2-3, para evaluar factores abióticos como disponibilidad de luz, velocidad y turbidez del agua, referenciadas en la Tabla I. La profundidad del cuerpo de agua se midió por medio de una vara graduada con el sistema métrico decimal.

El potencial bioindicador de las comunidades vegetales se determinó mediante las especies características. Es decir, las especies exclusivas de cada composición florística que se encuentran en equilibrio con el medio y permiten revelar una ecología particular. Esto fue verificado con bibliografía referida a especies bioindicadoras de eutrofización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al trabajo de campo y del análisis del cuadro comparativo sinóptico (Tabla I), se obtuvieron catorce comunidades vegetales en los ambientes dulceacuícolas lóticos del Alto Valle de Río Negro, de las cuales tres fueron sumergidas, dos flotantes y nueve emergentes. Las emergentes fueron la forma de vida más común y abundante, resultados coincidentes con lo planteado por Cronk y Fennessy (2001).

### DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES

1. Vegetación sumergida: Integrada básicamente por cormófitos acuáticos, que completan su ciclo biológico en su totalidad o en parte debajo del agua; en este último caso, el follaje se mantiene sumergido y los órganos reproductivos son aéreos.

#### 1.1 Comunidad de *Elodea callitrichoides* (Tabla II, Fig. 2)

La principal especie de esta comunidad es *Elodea callitrichoides*, hierba nativa y perenne arraigada al sustrato. Kähkönen *et al.* (1997) indicaron que *E. callitrichoides* actúa como bioacumuladora de metales pesados como el hierro y cobre en las raíces; y níquel, manganeso y cromo en las hojas. Por su parte, Mal *et al.* (2002) señalaron su utilidad como biomonitor de los niveles de cobre en sistemas acuáticos. Como acompañantes se registraron, en bajos porcentajes de cobertura, elementos florísticos de la vegetación sumergida como *Stuckenia pectinata*, *Myriophyllum aquaticum* y ocasionalmente especies flotantes libres como *Azolla filiculoides*, *Lemna gibba* y emergentes como *Typha subulata*, *T. domingensis* y *Nasturtium officinale*. Esta biocenosis vegetal se localiza en sitios urbanos y rurales de manera indistinta, registrada con porcentajes de cobertura que oscilan entre el 40 y 95%. Las mayores coberturas se observaron en desagües con suave corriente de agua y cerca de establecimientos frutícolas que realizan la técnica agrícola del lavado del suelo mediante la aplicación de yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) con el fin de disminuir la sodicidad y atenuar el efecto de la salinización. Este comportamiento, también fue observado por Robach *et al.* (1996). La comunidad vegetal se destaca en los desagües por su floración (noviembre, diciembre) debido a la vistosidad de sus flores de tres pétalos blancos que emergen del agua. Los desagües en los que se registró poseían una profundidad entre los 40 y 60 cm, se caracterizaban por no tener sombra, con baja o nula turbidez, es decir que se podía observar el fondo. Tanto en ambientes urbanos como rurales no se registraron olores desagradables. En desagües urbanos hubo presencia de contaminantes sólidos como botellas y bolsas, entre otros.

Tabla I. Cuadro comparativo sintético de la vegetación del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro, Argentina.

Variables	Comunidades vegetales													
	Sumergidas			Flotante			Emergente							
Ancho del desagüe (m)	1-4	1,5-5	1,5-3	0,6-4	1-3	1,5-3	1,5-3	0,6-3	0,6-2	0,6-1,5	2-4	1-2	1-5,5	1-4
Ingreso de luz al desagüe	1-2	0-2	0-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	0-2	0-2	1-2	2	0-2	2
Profundidad de la columna de agua (cm)	15-60	10-150	10-50	15-60	40-80	20-30	20-150	10-30	15-25	15-50	15-20	10-20	20-120	5-20
Velocidad del agua	1-2	1-2	0-2	0-1	0-1	0-2	0-2	0-2	0-1	0-1	0-1	0	0-2	0
Turbidez del agua	0-1	0-1	0	0-1	0-1	0-2	0-1	0-1	0-1	0-1	0	0-1	0-1	1
Cobertura total (%)	40-100	10-100	15-100	60-100	75-100	20-80	50-100	20-100	10-80	30-95	65-70	50-80	70-100	50-90
Nº de especies	8	9	4	3	6	4	10	15	9	5	1	1	5	7
Nº de Tabla	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Nº de relevamientos	9	22	8	14	9	6	13	22	10	7	5	3	4	7
Especies														
<i>Elodea callitrichoides</i> (Rich.) Casp.	V													
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	II	V					I							
<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong		I											II	
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.														
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	II	II			V		I							
<i>Lemna gibba</i> L.	II	I			V		I							
<i>Wolffella oblonga</i> (Phil.) Hegelm.														
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.		I						I						
<i>Scheuchzeria pungens</i> (Vahl) Palla														
<i>Plantago australis</i> Lam. ssp. <i>australis</i>														
<i>Nasturtium officinale</i> W.T. Aiton	II	II			I									
<i>Iris pseudacorus</i> L.														
<i>Typha domingensis</i> Pers.	I	I			I									
<i>Baccharis darwinii</i> Hook. & Arn.														
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv. var. <i>mitis</i> (Pursh.) Peترم.														
<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.														
<i>Polygonum viridis</i> (Gouan) Breistr.														
<i>Polygonum elongatum</i> Kunth var. <i>elongatum</i>														

Tabla I. Continuación.

Variables	Comunidades vegetales			
	Sumergidas	Flotante	Emergente	
<i>Typha angustifolia</i> L.	.	.	I	V
<i>Verbena litoralis</i> Kunth var. <i>litoralis</i>	.	.	.	II
<i>Halerpestes cymbalaria</i> (Pursh) Greene	.	.	.	I
<i>Typha subulata</i> Crespo & R.L. Pérez-Mor.	I	.	.	V
<i>Juncus microcephalus</i> Kunth	.	.	I	.
<i>Typha latifolia</i> L.	.	.	.	V
<i>Bolbochoenus maritimus</i> (L.) Palla	.	.	I	.
ssp. <i>paludosus</i> (A. Nelson) T. Koyama	.	.	.	V
<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter & Burdet ssp. <i>hexapetala</i> (Hook. & Arn.) G.L. Nesom & Kartesz	I	I	.	.
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart) Griseb. f. <i>angustifolia</i> Suss.	.	.	.	II
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	.	.	.	II
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	.	.	I	I
<b>Acompañantes</b>				
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam. var. <i>eragrostis</i>	.	I	I	II
<i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Mey) Soják var. <i>californicus</i>	.	.	I	II
<i>Epilobium ciliatum</i> Raf. ssp. <i>ciliatum</i>	.	.	.	I
<i>Baccharis juncea</i> (Cass.) Desf.	.	.	I	II
<i>Polygonon monspeliensis</i> (L.) Desf.	.	.	I	.
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	I	I	I	.
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	.	I	I	.

Tabla II. Comunidad de *Elodea callitrichoides*.

Número de censo	28	146	53	7	97	140	130	98	127	
Localidad	Cipolletti	Villa Regina	Cinco Saltos	Cipolletti	Cervantes	Villa Regina	Gral. Godoy	Cervantes	Cervantes	
Zona	urbana	rural	rural	urbana	rural	rural	rural	rural	rural	Presencia
Sentido del desagüe	O-E	N-S	N-S	O-E	O-E	N-S	O-E	N-S	N-S	
Cobertura total %	97	95	94	92	80	65	60	40	40	
Número de especies	4	2	4	3	2	1	2	1	2	
<i>Elodea callitrichoides</i>	5	5	5	4	4	4	4	3	3	V
<i>Azolla filiculoides</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	+	I
<i>Lemna gibba</i>	+	.	.	1	.	.	.	.	.	I
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	I
<i>Nasturtium officinale</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	I
<i>Stuckenia pectinata</i>	+	.	.	2	1	.	.	.	.	I
<i>Typha domingensis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I
<i>Typha subulata</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	.	I

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 2. Comunidad de *Elodea callitrichoides* en un desagüe de la localidad de Cipolletti, nótese la floración en superficie.

### 1.2 Comunidad de *Stuckenia pectinata* (Tabla III, Fig. 3)

Es una comunidad cosmopolita, presente en todos los continentes, habitual en aguas salobres y de amplia distribución en los desagües del Alto Valle de Río Negro. *Stuckenia pectinata*, es un hidrófito sumergido cuya cobertura alcanza el 95% y, según nuestros registros, en el área de estudio no desarrolla su fase reproductiva. Ocasionalmente integran esta unidad *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton illinoensis*, y especies arraigadas emergentes como *Nasturtium officinale*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala* y *Veronica anagallis-aquatica*. En aquellos sitios donde el agua tiende a enlentecerse o se asienta algún tipo de barrera (rama, basura, entre otros) se observaban elementos flotantes como *Azolla filiculoides* y *Lemna gibba* con porcentajes de cobertura entre el 0,25 al 25% dependiendo del movimiento del agua y la naturaleza y robustez de la barrera. Esta comunidad se distribuye a lo largo de desagües urbanos y rurales sin una evidente preferencia. El ingreso de luz al desagüe no demostró ser un factor decisivo para el crecimiento y desarrollo de la comunidad de acuerdo a los valores obtenidos de la escala (Tabla I). En referencia al factor turbidez, los valores 0 y 1 indicaron que no hubo turbidez evidente y si la hubo se podía observar el fondo. Los desagües donde se registró esta comunidad presentaron profundidades entre los 10 y 150 cm, sin olor y con contaminantes sólidos en los desagües urbanos.

Tabla III. Comunidad de *Stuckenia pectinata*.

Número de censo	73	131	148	120	76	25	48	11	102	135	103
Localidad	Gral. Roca	Gral. Godoy	Villa Regina	Mainqué	Gral. Roca	Gral. Fernández Oro	Cinco Saltos	Cipolletti	Mainqué	Gral. Godoy	Mainqué
Zona	rural	rural	rural	urbana	rural	urbana	urbana	urbana	urbana	urbana	rural
Sentido del desazite	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	N-S	O-E	NE-SO	NE-SO	O-E
Cobertura total %	90	93	90	70	95	80	70	61	60	60	60
Número de especies	2	2	1	2	2	3	3	3	1	1	2
<i>Stuckenia pectinata</i>	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Azolla filiculoides</i>	.	.	.	.	2	.	+	+	.	.	.
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Lemna gibba</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Ludwigia grandiflora</i> ssp. <i>hexapetala</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nasturtium officinale</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Potamogetum illinoensis</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha domingensis</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).

Tabla III. Continuación.

Número de censo	52	33	51	92	29	12	47	18	19	21	20	
Localidad	Cinco Salto urbana	Cinco Salto urbana	Cinco Salto urbana	Cervantes rural	Cinco Salto rural	Cipolletti urbana	Cnte. Cordero rural	Cinco Salto urbana	Cinco Salto urbana	Cinco Salto urbana	Cinco Salto urbana	
Zona												<b>Presencia</b>
Sentido del desagüe	NE-SO	N-S	NE-SO	O-E	N-S	N-S	O-E	N-S	N-S	N-S	N-S	
Cobertura total %	70	100	60	40	40	35	30	30	25	15	10	
Número de especies	2	4	2	1	1	2	2	1	2	2	1	
<i>Stuckenia pectinata</i>	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	1	V
<i>Azolla filiculoides</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	III
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Lemna gibba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Ludwigia grandiflora</i> ssp. <i>hexapetala</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Nasturtium officinale</i>	1	2	1	.	.	.	.	.	1	.	.	I
<i>Potamogetum illinoensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Typha domingensis</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 3. Comunidad de *Stuckenia pectinata* en desagüe de la localidad de General Godoy, Río Negro.

### 1.3 Comunidad de *Myriophyllum aquaticum* (Tabla IV, Fig. 4)

Es una comunidad vegetal dominada por el hidrófito *Myriophyllum aquaticum* (Pinito de agua), que emite vástagos sumergidos en invierno y sobresalen a la superficie del agua en primavera-verano, para florecer y fructificar, respectivamente. El incremento de la cobertura de *M. aquaticum* observado en la Tabla IV está asociado a los efluentes residuales y agroindustriales recibidos en los diferentes sitios donde fue registrada, es decir a mayor contenido de nutrientes, mayor superficie de la comunidad vegetal. Estos resultados son coincidentes a los planteados por Moreira *et al.* (1999) y por Hauenstein *et al.* (2002) quienes indican que es una comunidad sumergida que coloniza aguas con alto contenido orgánico. La remoción parcial de materia orgánica, en los cuerpos de agua, por parte de *M. aquaticum* permite su uso en post-tratamiento de efluentes urbanos (Toledo *et al.* 2016). La comunidad se registró en ocho censos y presentó baja riqueza. Entre las especies integrantes de esta comunidad vegetal se encontraron, *Stuckenia pectinata*, *Nasturtium officinale*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Alisma plantago-aquatica* y *Typha domingensis*. En esta comunidad vegetal, a diferencia de la anterior, no se observaron especies flotantes libres. La comunidad fue identificada en ambientes rurales y urbanos, mayormente en desagües rurales. Su desarrollo (Tabla I) se dio en sitios caracterizados por tener un ingreso de luz de medio a alto, con bajo movimiento de agua y baja o nula turbidez, es decir que se podía observar el fondo. Los desagües presentaron una profundidad que osciló entre 15 y 50 cm, sin olor manifiesto y con contaminantes sólidos en aquellos urbanos.

Tabla IV. Comunidad de *Myriophyllum aquaticum*.

Número de censo	28	146	53	7	97	140	130	98	127
Localidad	Cipolletti	Villa Regina	Cinco Saltos	Cipolletti	Cervantes	Villa Regina	Gral. Godoy	Cervantes	Cervantes
Zona	urbana	rural	rural	urbana	rural	rural	rural	rural	rural
Sentido del desague	O-E	N-S	N-S	O-E	O-E	N-S	O-E	N-S	N-S
Cobertura total %	97	95	94	92	80	65	60	40	40
Número de especies	4	2	4	3	2	1	2	1	2
<i>Elodea callitrichoides</i>	5	5	5	4	4	4	4	3	3
<i>Azolla filiculoides</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Lemna gibba</i>	+	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Nasturtium officinale</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Stuckenia pectinata</i>	+	.	.	2	1	.	.	.	.
<i>Typha domingensis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Typha subulata</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	.
									V

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 4. Comunidad de *Myriophyllum aquaticum* en desagües. A: en localidad de Allen, nótese las hojas aéreas. B: en la localidad de Villa Regina, nótese que sólo posee hojas sumergidas.

2. Vegetación flotante: Constituida por especies flotantes libres. Estas comunidades se desarrollan en lugares con escaso movimiento de agua o en presencia de barreras bióticas o abióticas que permiten su establecimiento, con predominio de la reproducción vegetativa. Esto implica que pueden cubrir completamente los sistemas acuáticos que habitan.

### 2.1 Comunidad de *Azolla filiculoides* (Tabla V, Fig. 5)

La principal especie que compone esta comunidad es *Azolla filiculoides*, macrófita de libre flotación y de amplia distribución geográfica. Suele asociarse a la cianobacteria *Anabaena azollae*, lo que le atribuye la característica de fijadora de nitrógeno atmosférico (Carrapiço 2006). Esta comunidad se caracterizó durante los inventarios por su aspecto semejante a un denso tapete vegetal, con coberturas mayores al 60%. Cuando las coberturas alcanzaron valores superiores al 80% se bloqueó el ingreso efectivo de la radiación fotosintéticamente activa y ocasionaron la muerte de las especies sumergidas. Este hecho también fue observado por Cronk y Fennessy (2001), quienes plantean que las especies sumergidas son las más perjudicadas en la competencia por el factor lumínico. Las mayores coberturas se registraron en desagües con efluentes urbanos; esto es coincidente con lo planteado por Ramírez *et al.* (2014) quienes asociaron a la especie *A. filiculoides* a arroyos tributarios que contenían residuos domésticos. La comunidad se establece en los desagües del Alto Valle en forma monoespecífica o acompañada por otras especies natantes como *Lemna gibba* y especies emergentes como *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*, *Cyperus eragrostis* var. *eragrostis*, *Typha domingensis* y *Alisma plantago-aquatica*. El 75% de los inventarios corresponden a desagües rurales. El hábitat donde la comunidad de *Azolla filiculoides* presentó mejor desarrollo y crecimiento fue en desagües que se caracterizaban por no tener sombra, el agua sin movimiento o con una suave circulación, una profundidad máxima de 60 cm, sin turbidez y sin olor. En los desagües urbanos se evidenciaron contaminantes sólidos.

Tabla V. Comunidad de *Azolla filiculoides*.

Número de censo	94	110	90	87	79	4	128	126	10	105	104	37	5	9
Localidad	Cervantes Mainqué		Gral. Roca	Allen	Cnel. Gómez	Gral. Fernández Oro	Cervantes	Cervantes	Cipolletti	Mainqué	Mainqué	Cmte. Cordero	Gral. Fernández Oro	Cipolletti
Zona	rural	rural	rural	urbana	urbana	urbana	rural	rural	urbana	rural	rural	rural	rural	rural
Sentido del desagüe	N-S	O-E	N-S	O-E	O-E	O-E	N-S	O-E	O-E	N-S	N-S	O-E	N-S	O-E
Cobertura total %	100	100	100	100	98	91	90	80	80	80	70	60	40	20
Número de especies	1	1	1	2	1	2	1	1	2	3	3	1	1	1
<i>Azolla filiculoides</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.
<i>Cyperus eragrostis</i> var. <i>eragrostis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Lemna gibba</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha domingensis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ludwigia grandiflora</i> ssp. <i>hexapetala</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 5. Comunidad de *Azolla filiculoides* en desagües. A: en localidad de Cipolletti, vista general. B: en la localidad de Maiqué, detalle.

## 2.2 Comunidad de *Azolla filiculoides-Lemna gibba* (Tabla VI, Fig. 6)

Esta comunidad vegetal mixta, si bien se encontró en ambos ambientes, por su frecuencia demostró tener más afinidad por los desagües rurales. La comunidad vegetal presentó especies ocasionales, con bajos porcentajes de cobertura, como *Wolffiella oblonga*, *Elodea callitrichoides*, *Nasturtium officinale* y *Veronica anagallis-aquatica*. Los desagües donde se registró (Tabla I) poseían un ingreso de plena luz, una profundidad de la columna de agua entre los 40 y 80 cm, con velocidad del agua nula a lenta. Las mayores coberturas fueron en aguas quietas y aporte de materia orgánica constante; esto también fue señalado por López Nieto *et al.* (1991) quienes asociaron a esta comunidad vegetal con aguas estancadas y eutrofizadas. La turbidez observada fue baja o nula, es decir que se podía observar el fondo. Los desagües presentaron olor y aquellos urbanos no poseían contaminantes sólidos.

3. Vegetación arraigada emergente: Organismos vegetales que se hallan enraizados en el lecho, pero todas sus partes fotosintéticas y reproductivas se encuentran fuera del agua. Se desarrollan en aguas dulces o medianamente salobres.

Tabla VI. Comunidad de *Azolla filiculoides* y *Lemna gibba*.

Número de censo	46	124	45	27	86	34	8	44	125
Localidad	Cmte. Cordero	Cervantes Cordero	Cmte. Cordero	Gral. Fernández Oro	Allen	Cmte. Cordero	Cipolletti	Cmte. Cordero	Cervantes
Zona	rural	urbana	rural	rural	urbana	rural	rural	rural	urbana
Sentido del desagüe	O-E	O-E	N-S	N-S	O-E	N-S	O-E	N-S	O-E
Cobertura total %	95	100	75	90	100	100	100	95	100
Número de especies	3	2	2	4	2	3	3	2	2
<i>Azolla filiculoides</i>	5	5	4	4	3	3	2	1	1
<i>Lemna gibba</i>	1	1	1	2	4	4	5	5	5
<i>Wolffiella oblonga</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Elodea callitrichoides</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Nasturtium officinale</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 6. Comunidad de *Azolla filiculoides* y *Lemna gibba* en un desagüe de la localidad de Cipolletti.

### 3.1 Comunidad de *Hydrocotyle ranunculoides* (Tabla VII, Fig. 7)

La principal especie que compone esta comunidad es *Hydrocotyle ranunculoides*, hierba acuática perenne, nativa del Neotrópico, de amplia distribución según lo planteado por Newman y Dawson (1999), con tallos horizontales glabros y también rastreros enraizados en suelo saturado (Alarcón-Elbal 2013). Su presencia se destaca por formar carpetas flotantes, lo que puede influir negativamente en la hidroquímica de las capas subyacentes del agua produciendo condiciones de anoxia extrema. *H. ranunculoides* es utilizada en fitorremediación de aguas residuales domiciliarias y agrícolas (Basílico *et al.* 2017a, 2017b). Esta biocenosis presentó, en forma esporádica y con bajos porcentajes de cobertura, especies emergentes acompañantes como: *Typha domingensis*, *Schoenoplectus pungens* y *Plantago australis* ssp. *australis*. Esta comunidad vegetal ha sido encontrada en desagües urbanos con corriente del agua de nula a lenta frente a empaques e industrias tomateras, lo que implica un continuo aporte de materia orgánica al desagüe favoreciendo el proceso de eutrofización en el mismo. Esto también fue observado por Newman y Dawson (1999) quienes asocian a *H. ranunculoides*, principal especie de la comunidad, con aguas lentas y eutrofizadas. La cobertura de la comunidad vegetal osciló entre 15 y 80%, con mayor desarrollo en desagües desprovistos de sombra y cercanos a industrias. En coincidencia, Hussner y Lösch (2007) asocian el crecimiento de *H. ranunculoides* con lugares soleados y ricos en nutrientes. Esta comunidad vegetal crecía en desagües con poca profundidad de agua (entre 20 y 30 cm), una turbidez que impedía ver el fondo a causa de la coloración de marrón a verdosa del agua, con olor a azufre y sin contaminantes sólidos.

Tabla VII. Comunidad de *Hydrocotyle ranunculoides*.

Número de censo	123	2	3	82	77	49	<b>Presencia</b>
Localidad	Cervantes	Gral. Fernández Oro	Gral. Fernández Oro	Gral. Roca	Cnel. Gómez	Cinco Saltos	
Zona	urbana	urbana	urbana	urbana	urbana	rural	
Sentido del desagüe	O-E	O-E	N-S	N-S	N-S	N-S	
Cobertura total %	80	76	51	50	55	15	
Número de especies	2	2	2	1	1	2	
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	5	5	4	4	4	1	
<i>Typha domingensis</i>	.	.	.	.	.	1	I
<i>Schoenoplectus pungens</i>	.	+	1	.	.	.	II
<i>Plantago australis</i> ssp. <i>australis</i>	+	.	.	.	.	.	I

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 7. Comunidad de *Hydrocotyle ranunculoides* en un desagüe de la localidad de Gral. Fernández Oro.

### 3.2 Comunidad de *Nasturtium officinale* (Tabla VIII, Fig. 8)

Su especie característica es *Nasturtium officinale*, con hojas superiores y flores blancas completamente emergentes (Naumann y Haydar 2015). En el Alto Valle de Río Negro, esta comunidad vegetal habita sitios donde cambia la dinámica del flujo de agua de rápida a lenta, destacándose en proximidades a confluencias de los desagües. Entre las acompañantes de la comunidad vegetal, se registraron especies sumergidas como *Stuckenia pectinata*, flotantes como *Azolla filiculoides*, *Lemna gibba* y especies emergentes como *Hydrocotyle ranunculoides*, *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites australis*, *Typha domingensis* y *Veronica anagallis-aquatica*. La Tabla VIII muestra que los porcentajes de cobertura totales entre 60 y 100% se vincularon con desagües rurales, agua con escaso movimiento y rica en nitrógeno inorgánico proveniente del exceso de fertilizantes inorgánicos utilizados en las labores agrícolas. Estas observaciones coinciden con lo indicado por Fernandez-Going *et al.* (2013), quienes destacan que *N. officinale* aumenta rápidamente su cobertura en ambientes ricos en nutrientes. Los desagües donde se registró esta comunidad vegetal (Tablas VIII y I) se caracterizan por poseer un ingreso pleno de luz hacia su interior, una profundidad del agua entre 20 y 150 cm, sin turbidez, ni olor y sin presencia de contaminantes sólidos.

Tabla VIII. Comunidad de *Nasturtium officinale*.

Número de censo	32	96	81	83	64	65	72	74	99	80	78	26	27
Localidad	Cinco Saltos	Cervantes	Gral. Roca	Gral. Roca	Allen	Allen	Gral. Roca	Gral. Roca	Cervantes	Gral. Roca	Cnel. Gómez	Gral. Fernández Oro	Gral. Fernández Oro
Zona	rural	rural	urbana	urbana	rural	rural	rural	rural	rural	urbana	urbana	rural	rural
Sentido del desagüe	N-S	O-E	N-S	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	N-S	O-E	O-E	N-S	N-S
Cobertura total %	100	95	90	100	90	95	85	65	65	60	50	60	100
Número de especies	5	1	2	2	3	3	2	1	1	1	2	3	4
<i>Nasturtium officinale</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	2
<i>Azolla filiculoides</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	4
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Iris pseudacorus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lemna gibba</i>	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	2
<i>Ludwigia grandiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ssp. <i>hexapetala</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stuckenia pectinata</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha domingensis</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	.	.	+	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 8. Comunidad de *Nasturtium officinale* en un desagüe de la localidad de Gral. Roca. A: vista general. B: en floración.

### 3.3 Comunidad de *Typha domingensis* (Tabla IX, Fig. 9)

*Typha domingensis* (totorá), helófito arraigado emergente, es la principal especie de la comunidad. Crece en todas las regiones del mundo con clima tropical y templado (Eid *et al.* 2012). Hegazy *et al.* (2011) y Eid *et al.* (2012) destacan su alta capacidad fitorremediadora, en los sistemas de tratamiento de agua residual o contaminadas con mercurio (Gomes *et al.* 2014). La especie sumergida acompañante, registrada en esta comunidad vegetal fue: *Myriophyllum aquaticum* y las especies emergentes: *Typha angustifolia*, *Baccharis darwinii*, *B. juncea*, *Polypogon monspeliensis*, *P. elongatus* var. *elongatus*, *P. viridis*, *Echinochloa crus-galli* var. *mitis*, *Tessaria absinthioides*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Schoenoplectus californicus* var. *californicus*, *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus*, *Cyperus eragrostis* var. *eragrostis*, y *Alisma plantago-aquatica*. Esta comunidad vegetal alcanzó coberturas del 90% en agua estancadas y someras con nula o poca circulación. Méndez (2007) observó para Mendoza el mismo hábitat además de señalar que es propia de ambientes alterados. Esta comunidad vegetal crece de manera indistinta en zonas urbanas y rurales. Los altos valores de abundancia-dominancia de *Typha domingensis* (Tablas IX y I), solo permiten el desarrollo de otros elementos florísticos en los espacios liberados entre las plantas de totora. Los desagües se caracterizaron por no tener sombra ni olores desagradables y presentar contaminantes sólidos, particularmente en desagües urbanos; una profundidad del agua entre 10 y 30 cm. Las coloraciones marrones, blancuzcas o verdosas del agua generaban alta turbidez que impedía ver el fondo.

Tabla IX. Comunidad de *Typha domingensis*.

Número de censo	40	116	121	71	112	122	6	100	84	129	132
Localidad	Cmte. Cordero	Mainqué rural	Mainqué urbana	Gral. Roca urbana	Mainqué rural	Mainqué urbana	Gral. Roca urbana	Cervantes rural	Gral. Roca urbana	Ing. Huergo rural	Gral. Godoy rural
Zona		rural	urbana	urbana	rural	urbana	urbana	rural	urbana	rural	rural
Sentido del desagüe	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	N-S	O-E	N-S	N-S
Cobertura total %	90	90	90	80	80	75	70	70	70	70	65
Número de especies	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1
<i>Typha domingensis</i>	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
<i>Polygonum viridis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Baccharis darwinii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Baccharis juncea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bolboschoenus maritimus</i> ssp. <i>paludosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyperus eragrostis</i> var. <i>eragrostis</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>mitis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum elongatum</i> var. <i>elongatum</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Schoenoplectus californicus</i> var. <i>californicus</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tessaria absinthioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Typha angustifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



Tabla IX. Continuación.

Número de censo	61	57	38	111	101	70	95	108	106	59	1
Localidad	Allen	Allen	Cmite. Cordero	Mainqué	Mainqué	Gral. Roca	Cervantes	Mainqué	Mainqué	Allen	Gral. Fernández Oro
Zona	urbana	urbana	rural	rural	rural	urbana	rural	rural	rural	urbana	urbana
Sentido del desagüe	O-E	O-E	O-E	N-S	O-E	N-S	N-S	N-S	N-S	O-E	N-S
Cobertura total %	60	60	80	60	50	70	50	45	70	20	36
Número de especies	1	1	2	3	1	3	1	3	5	2	6
<i>Typha domingensis</i>	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2
<i>Polygonum monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Polygonum elongatum</i> var. <i>elongatum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schoenoplectus californicus</i> var. <i>californicus</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Tessaria absinthioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Typha angustifolia</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.

Valores de ctura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 9. Comunidad de *Typha domingensis* en un desagüe de la localidad de Gral. Godoy.

### 3.4 Comunidad de *Typha angustifolia* (Tabla X, Fig. 10)

*Typha angustifolia*, la principal especie de esta comunidad, es un higrófito perenne, rizomatoso (Crespo y Pérez-Moreau 1967). *T. angustifolia* fue señalada por Dong *et al.* (2007), Demirenzen y Aksoy (2004) y Muhammad *et al.* (2009) por su potencial para la fitoextracción en suelos contaminados. Esta biocenosis vegetal, se caracterizó por presentar especies vegetales que solo pertenecían al grupo de las emergentes arraigadas como: *Nasturtium officinale*, *Cyperus eragrostis* var. *eragrostis*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Halerpestes cymbalaria*, *Iris pseudacorus*, *Schoenoplectus californicus* var. *californicus*, *Verbena litoralis* var. *litoralis*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Baccharis juncea* y *Phragmites australis*. La comunidad vegetal fue registrada en la zona rural del Alto Valle de Río Negro. Las mayores coberturas fueron observadas en desagües con evidente aporte de efluentes agroindustriales, comportamiento observado también por Hejný y Husák (1978) y Brändle *et al.* (1996) quienes señalan que *Typha angustifolia* presenta rápido crecimiento en sitios ricos en nutrientes y con alta acumulación de biomasa. Por otra parte, el fuerte proceso de salinización observado en los sitios muestreados no afectó el normal desarrollo y crecimiento de *Typha angustifolia*, lo que demuestra su tolerancia en estos hábitats. En coincidencia, Smith (1967) demostró que *Typha angustifolia* es una especie de ambientes salobres asociada a aguas calcáreas. Los desagües donde se registró a esta comunidad tenían una profundidad de agua entre 15 y 25 cm, sin sombra, un movimiento evidente de agua, sin turbidez, sin olor y sin la presencia de contaminantes sólidos.

Tabla X. Comunidad de *Typha angustifolia*.

Número de censo	14	152	17	39	31	69	41	23	43	35	
Localidad	Cipolletti	Villa Regina	Cinco Salto	Cmte. Cordero	Cinco Salto	Allen	Cmte. Cordero	Cinco Salto	Cmte. Cordero	Cmte. Cordero	
Zona	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural	<b>Presencia</b>
Sentido del desagüe	O-E	S-N	O-E	O-E	N-S	N-S	NE-SO	O-E	O-E	NE-SO	
Cobertura total %	92	83	85	70	45	15	20	10	20	15	
Número de especies	3	2	3	2	5	1	3	2	2	1	
<i>Typha angustifolia</i>	5	5	5	4	3	2	2	1	2	2	V
<i>Nasturtium officinale</i>	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	I
<i>Baccharis juncea</i>	1	.	+	.	.	.	.	+	.	.	II
<i>Cyperus eragrostis</i> var. <i>eragrostis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Hatterpestes cymbalaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Iris pseudacorus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Phragmites australis</i>	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Schoenoplectus californicus</i> var. <i>californicus</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	1	.	II
<i>Verbena litoralis</i> var. <i>litoralis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), I (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 10. Comunidad de *Typha angustifolia* en un desagüe de la localidad de Contralmirante Cordero.

### 3.5 Comunidad de *Typha subulata* (Tabla XI, Fig. 11)

La Tabla XI muestra claramente la abundancia-dominancia de *Typha subulata*, como especie distintiva de la comunidad, caracterizada por ser palustre, perenne y rizomatosa (Crespo y Pérez-Moreau 1967). Fueron observadas como acompañantes de la comunidad en forma eventual y bajos porcentajes de cobertura, especies emergentes como: *Schoenoplectus californicus* var. *californicus*, *Phragmites australis*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum* y *Juncus microcephalus*. Esta biocenosis vegetal, al igual que la comunidad de *Typha angustifolia*, está restringida a zonas rurales en desagües con escaso movimiento de agua, una profundidad del agua entre 15 y 50 cm, con agua transparente o levemente turbia que permite observar el fondo, sin sombra, sin olores y sin residuos sólidos. La vegetación exhibió porcentajes de cobertura entre el 30 y 85%.

Tabla XI. Comunidad de *Typha subulata*.

Número de censo	115	89	93	50	62	63	68
Localidad	Mainqué	Gral. Roca	Cervantes	Cinco Saltos	Allen	Allen	Allen
Zona	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural
Sentido del desagüe	O-E	N-S	N-S	NE-SO	N-S	N-S	N-S
Cobertura total %	95	85	85	70	70	70	30
Número de especies	3	1	1	1	2	2	2
<b><i>Typha subulata</i></b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<i>Schoenoplectus californicus</i> var. <i>californicus</i>	1	.	.	.	+	1	.
<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	+	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus microcephalus</i>	.	.	.	.	.	.	1
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	.	.	.
							<b>V</b>
							<b>II</b>
							<b>I</b>
							<b>I</b>
							<b>I</b>

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 11. Comunidad de *Typha subulata* en un desagüe de la localidad de Maiqué.

### 3. 6 Comunidad de *Typha latifolia* (Tabla XII, Fig. 12)

*Typha latifolia* conforma una comunidad vegetal monoespecífica. Desarrolla poderosos rizomas indefinidos que le permiten extenderse y constituir grandes poblaciones densas, en diferentes tipos de sustratos. Ha sido registrada en desagües rurales con coberturas entre 65 y 70%. Si bien la bibliografía señala que factores como la profundidad del agua (Grace y Wetzel 1981), condiciones nutricionales (Ulrich y Thomas 1998) y competencia con otras especies (Grace 1989, Grace y Wetzel 1981) afectan la dinámica de crecimiento, en este estudio (Tabla XII) no se observó variabilidad de los hábitats donde se registró: desagües semisombríos (sombra parcial de árboles), con una profundidad del agua entre 15 y 20 cm, con escaso movimiento de agua, sin turbidez, sin olor y sin la presencia de sólidos.

Tabla XII. Comunidad de *Typha latifolia*.

Número de censo	134	156	145	1154	147	<b>Presencia</b>
Localidad	Gral. Godoy	Villa Regina	Villa Regina	Villa Regina	Villa Regina	
Zona	rural	rural	rural	rural	rural	
Sentido del desagüe	O-E	O-E	N-S	O-E	N-S	
Cobertura total %	70	70	70	70	65	
Número de especies	1	1	1	1	1	
<b><i>Typha latifolia</i></b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 12. Comunidad de *Typha latifolia* en un desagüe de la localidad de Villa Regina.

3.7 Comunidad de *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus* (Tabla XIII, Fig. 13)

Esta comunidad monoespecífica representada por *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus*, fue hallada en desagües rurales y urbanos de zonas con salinidad y coberturas entre 50 y 80%. En el cuadro comparativo (Tabla I) se segregó claramente por su capacidad de tolerancia a la alta salinidad durante periodos cortos (Hootsmans y Wiegman 1998), tal como sucede en los desagües de nuestra zona. En el área de estudio fue registrada en desagües con una profundidad de agua entre los 10 y 20 cm y comportamiento hidrohálófilo, en coincidencia con Charpentier y Stuefer (1999) quienes destacan su desarrollo en aguas poco profundas y salobres. Por su parte Lillebø *et al.* (2003) señalan que se desarrolla mejor en zonas mesohalinas donde el agua dulce fluye periódicamente, sin embargo, durante esta investigación solo fue hallada en desagües donde el agua no presentaba un movimiento perceptible, sin turbidez, olor ni contaminantes sólidos (Tabla I). Según Braun-Blanquet (1979) esta especie se considera halófito preferencial y según Kantrud (1996) acumuladora de sal. *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus*, única especie integrante de esta comunidad, por su afinidad con las aguas salobres, ha sido propuesta como bioindicadora de salinidad en el sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro por Fernández *et al.* (2017).

Tabla XIII. Comunidad de *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus*.

Número de censo	113	6	58	<b>Presencia</b>
Localidad	Mainqué	Allen	Allen	
Zona	rural	urbana	urbana	
Sentido del desagüe	N-S	O-E	O-E	
Cobertura total %	80	60	50	
Número de especies	1	1	1	
<b><i>Bolboschoenus maritimus</i> ssp. <i>paludosus</i></b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet,1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 13. Comunidad de *Bolboschoenus maritimus* ssp. *paludosus*. A: en un desagüe de la localidad de Allen. B: en un desagüe de la localidad de Gral. Fernández Oro.

### 3.8 Comunidad de *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala* (Tabla XIV, Fig. 14)

Es una comunidad vegetal dominada por *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*, conocida como duraznillo de agua, de distribución pantropical con una amplia representación en Sudamérica, África y regiones del sudeste asiático (Ferrer Gállego y Laguna Lumbreras 2009, Nehring y Kolthoff 2011). Su parte aérea puede elevarse entre 40 y 80 cm, en cuyos extremos se encuentran típicas flores amarillas de gran tamaño. El crecimiento excesivo de las especies del género *Ludwigia* reducen rápidamente el oxígeno del agua, degradando así la calidad de la misma y disminuyendo la biodiversidad (Dandelot *et al.* 2008, Stiers *et al.* 2011). La Tabla XIV muestra como especies acompañantes esporádicas del tipo emergentes a: *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Alternanthera philoxeroides* f. *angustifolia*, *Polygonum persicaria* y sumergida como *Stuckenia pectinata*. Esta comunidad vegetal fue encontrada tanto en ambientes rurales como urbanos, sin mostrar una marcada afinidad por alguno de ellos. En los desagües urbanos con recepción de efluentes no tratados, alcanzó los mayores porcentajes de cobertura (75%) y la misma disminuyó (5%) en los desagües rurales sin un aporte evidente de efluentes orgánicos. Esto fue observado por Hussner (2009), quien señala que las especies del género *Ludwigia* crecen bien en sustrato con altas disponibilidades de nutrientes, por otra parte, Gérard *et al.* (2014) señalan una disminución del crecimiento por falta de fósforo. También, la cobertura se correlacionó positivamente con la presencia de luz, observándose un comportamiento heliófilo; además en desagües con alto movimiento alcanzaron las mayores coberturas, mientras que en aguas estancadas la cobertura fue menor. Los desagües censados presentaron, ocasionalmente residuos sólidos y malos olores.

Tabla XIV. Comunidad de *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala*.

Número de censo	85	88	149	91	
Localidad	Cipolletti	Gral. Roca	Villa Regina	Gral. Roca	
Zona	urbana	rural	urbano	rural	
Sentido del desagüe	N-S	N-S	O-E	N-S	
Cobertura total %	75	60	60	5	
Número de especies	3	2	2	1	
<i>Ludwigia grandiflora</i> ssp. <i>hexapetala</i>	4	4	4	1	V
<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	+	.	.	.	II
<i>Alternanthera philoxeroides</i> f. <i>angustifolia</i>	1	.	.	.	II
<i>Polygonum persicaria</i>	.	1	.	.	II
<i>Stuckenia pectinata</i>	.	.	3	.	II

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 14. Comunidad de *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala* en un desagüe de la localidad de Gral. Roca.

### 3.9 Comunidad de *Phragmites australis* (Tabla XV, Fig. 15)

Comunidad vegetal ampliamente dominada por *Phragmites australis*, especie perenne, con rizomas profundos y vigorosos que crece en zonas pantanosas, drenajes y cauces con agua temporal, de amplia distribución geográfica desde zonas templadas a tropicales, donde sus brotes nuevos emergen de las yemas de los nudos de los tallos viejos (Gerritsen *et al.* 2009). La mayoría de los inventarios de la Tabla XV, muestran una comunidad monoespecífica. Esto se explica porque las poblaciones de *P. australis* son lo suficientemente densas y con altos valores de cobertura como para sombrear a las otras especies que tienden a desaparecer al no poder competir por la luz. Las especies acompañantes y con valores menores al 1% son: *Typha angustifolia*, *T. subulata*, *Polypogon monspeliensis*, *Baccharis juncea*, *Epilobium ciliatum* ssp. *ciliatum*, *Schoenoplectus californicus* var. *californicus* y *Alisma plantago-aquatica*, con valores de dominancia-bundancia de I y +. Esta comunidad fue registrada en desagües rurales, los mismos se encontraban en cercanía de centros urbanos e incluso de plantas de aguas; de esta manera se asoció a la comunidad con desagües de agua rica en nutrientes. Este comportamiento fue observado por Romero *et al.* (1999) quienes indicaron que *P. australis* se desarrolla en hábitats ricos en nutrientes. En este sentido Vymazal *et al.* (2007) señalan que la especie crece prolíficamente en humedales fuertemente cargados de aguas residuales domésticas o lodos cloacales. Además, esta comunidad fue inventariada en desagües donde la profundidad de agua nunca superó los 20 cm e incluso la comunidad de *P. australis* se encontró sobre suelo saturado sin agua libre en superficie. Esto es coincidente con lo planteado por Gerritsen *et al.* (2009) quienes indican que *P. australis* en México crece en agua permanente o temporaria en superficie, pero siempre con suelo saturado. Los desagües relevados fueron semisombríos, con agua sin movimiento, turbia y sin olor.

Tabla XV. Comunidad de *Phragmites australis*.

Número de censo	151	118	119	117	42	153	55	
Localidad	Villa Regina	Mainqué	Mainqué	Mainqué	Cmte. Cordero	Villa Regina	Allen	
Zona	rural	rural	rural	rural	rural	rural	rural	
Sentido del desagüe	S-N	N-S	N-S	N-S	NE-SO	S-N	O-E	
Cobertura total %	90	90	90	82	80	70	50	
Número de especies	1	3	3	4	2	1	2	
<i>Phragmites australis</i>	5	5	5	5	5	4	3	V
<i>Typha angustifolia</i>	.	.	1	.	.	.	.	I
<i>Typha subulata</i>	.	.	.	.	.	.	1	I
<i>Polygonum monspeliensis</i>	.	+	.	.	.	.	.	I
<i>Baccharis juncea</i>	.	.	+	+	.	.	.	I
<i>Epilobium ciliatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Schoenoplectus californicus</i> var. <i>californicus</i>	.	.	.	.	1	.	.	I
<i>Alisma planatago-aquatica</i>	.	+	.	1	.	.	.	I

Valores de cobertura (signo + o números arábigos) (Braun-Blanquet, 1979) de las especies integrantes de la comunidad. Valores de cobertura: + (<1), 1 (1-10), 2 (11-25), 3 (26-50), 4 (51-75), 5 (>75). Números romanos son valores de presencia de las especies: I (<20), II (21-40), III (41-60), IV (61-80), V (>80). Puntos cardinales: O (oeste), E (este), N (norte), S (sur).



Fig. 15. Comunidad de *Phragmites australis* en un desagüe de la localidad de Allen.

## CONCLUSIÓN

En los desagües del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro se identificaron catorce comunidades vegetales, que comprendieron tres tipos de crecimiento: sumergidas, flotantes y emergentes. Del total de comunidades vegetales, siete presentaron potencial bioindicador de eutrofización: *Myriophyllum aquaticum* (sumergida, de ambiente rural), *Azolla filiculoides-Lemna gibba* (flotante, de ambiente rural), *Nasturtium officinale*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* (emergentes, de ambiente rural), *Hydrocotyle ranunculoides* (emergente, de ambiente urbano) y *Ludwigia grandiflora* ssp. *hexapetala* (emergente, de comportamiento indistinto entre ambos ambientes). Los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha, demuestran que las comunidades vegetales pueden utilizarse como indicadores biológicos de las condiciones ambientales de los desagües, lo que motiva profundizar los estudios para el diagnóstico de la calidad del agua del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro.

## BIBLIOGRAFÍA

Akasaka, M. and N. Takamura. 2011. The relative importance of dispersal and the local environment for species richness in two aquatic plant growth forms. *Oikos* 120(1): 38-46.

- Alarcón-Elbal, P.M. 2013. Plantas invasoras acuáticas y culícidos: un binomio peligroso. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol. 107: 5-15.
- Andersen, J.H., L. Schlüter and G. Ærtebjerg. 2006. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. J. Plankton Res. 28(7): 621-628.
- Basílico, G., A. Magdaleno, M. Paz, J. Moretton, A. Faggi and L. de Cabo. 2017a. Agro-industrial effluent phytoremediation with *Lemna gibba* and *Hydrocotyle ranunculoides* in water recirculating mesocosms. Clean-Soil, Air, Water, 1600386, doi:10.1002/clen.201600386.
- Basílico, G., A. Magdaleno, M. Paz, J. Moretton, A. Faggi and L. de Cabo. 2017b. Sewage pollution: genotoxicity assessment and phytoremediation of nutrients excess with *Hydrocotyle ranunculoides*. Environ. Monit. Assess. 189(4):182.
- Bezic, C., A. Dall' Armellina, F. Horne, O. Gajardo, L. Avilés y S. Cañón. 2004. Distribución y abundancia de macrófitas sumergidas en el embalse de Casa de Piedra. Revista Pilquen, Sección Agronomía 6:1-7.
- Brabecz, K. and K. Szoszkiewicz. 2006. Macrophytes and diatoms-major results and conclusions from the STAR project. Hydrobiologia. 566: 175-178.
- Brändle, R., J. Pokorný, J. Květ and H. Čížková. 1996. Wetland plants as a subject of interdisciplinary research. Folia Geobot. 31(1): 1-6.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Ed. Blume. Madrid, España. 820 p.
- Cabrera, A.L. 1968. Flora de la Provincia de Buenos Aires. Tomo IV. Parte I: Pteridófitas, Gimnospermas y Monocotiledóneas (excepto Gramíneas). Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 623 p.
- Carrapiço, F. 2006. Is the Azolla-Anabaena symbiosis a co-evolution case?. International Conference "General botany: traditions and perspectives". Kazan State University. Kazan, Rusia.
- Charpentier, A. and J.F. Stuefer. 1999. Functional specialization of ramets in *Scirpus maritimus* splitting the tasks of sexual reproduction, vegetative growth, and resource storage. Plant Ecol. 141(1-2):129-136.
- Cimdiņš, P., I. Druvietis, R. Liepa, E. Parele, L. Urtane and A. Urtans. 1995. Latvian catalogue of indicator species of freshwater saprobity. Proc. Latvian Acad. Sci., Section B. 1(2): 122-133.

- Cloern, J.E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. ecol. Prog. Ser.* 210: 223-253.
- Comisión Europea. (23 de octubre de 2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Available from: <[http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF)>
- Correa, M.N. (Ed.). 1969. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 2. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 209 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1971. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 7. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 451 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1978. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 3. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 563 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1984a. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 4a. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 544 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1984b. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 4b. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 309 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1988. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 5. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 381 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1998. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 1. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 391 p.
- Correa, M.N. (Ed.). 1999. Flora Patagónica, Tomo VIII, Parte 6. Colección Científica INTA. Buenos Aires, Argentina. 536 p.
- Crespo, S. y R.L. Pérez-Moreau. 1967. Revisión del género *Typha* en la Argentina. *Darwiniana* 14(2-3): 413-429.
- Cronk, J.K. and M.S. Fennessy. 2001. *Wetland plants: biology and ecology*. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, USA. 462 p.
- Dandelot, S., C. Pech, N. Cazaubon and R. Verlaque. 2008. Allelopathic potential of two invasive alien *Ludwigia* spp. *Aquat. Bot.* 88(4): 311-316.
- Demirezen, D. and A. Aksoy. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere* 56(7): 685-696.

- Dolbeth, M., M.A. Pardal, A.I. Lillebø, U. Azeiteiro and J.C. Marques. 2003. Short-and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Mar. Biol.* 143(6):1229-1238.
- Dong, J., R. Huang and G. Zang. 2007. A chromium-tolerant plant growing in Cr-contaminated land. *Int. J. Phytoremediat.* 9(3):167-179.
- Eid, E.M., K.H. Shaltout, M.A. El-Sheikh and T. Asaeda. 2012. Seasonal courses of nutrients and heavy metals in water, sediment and above-and below-ground *Typha domingensis* biomass in Lake Burullus (Egypt): perspectives for phytoremediation. *Flora* 207 (11):783-794.
- Fernández, C., A. Jocou y R. Gandullo. 2017. Especies vegetales indicadoras de salinidad en el sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro, Argentina. V Reunión de la Red Argentina de la Salinidad. Red Argentina de Salinidad (RAS) y la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Villa Mercedes, San Luis, Argentina. ISBN 978-978-42-5601-0, 156.
- Fernandez-Going, B.M., S.P. Harrison, B.L. Anacker and H.D. Safford. 2013. Climate interacts with soil to produce beta diversity in Californian plant communities. *Ecology* 94(9): 2007-2018.
- Ferrer Gallego, P.P. y E. Laguna Lumbreras. 2009. Sobre *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell (Onagraceae) como integrante de la flora subespontánea valenciana”. *Acta Bot. Malac.* 34: 228-230.
- Flora Argentina, (24 de septiembre de 2017). Flora Argentina: Plantas Vasculares de la República Argentina. Available from: <[http:// www.floraargentina.edu.ar](http://www.floraargentina.edu.ar) >
- Gérard, J., N. Brion and L. Triest. 2014. Effect of water column phosphorus reduction on competitive outcome and traits of *Ludwigia grandiflora* and *L. peploides*, invasive species in Europe. *Aquat. Invasions* 9(2): 157-166.
- Gerritsen, P. R., C. Ortiz-Arrona y R. González-Figueroa. 2009. Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. *Economía, sociedad y territorio* 9(29):185-207.
- Geurts, J.J., A.J. Smolders, J.T. Verhoeven, J.G. Roelofs and L.P. Lamers. 2008. Sediment Fe: PO<sub>4</sub> ratio as a diagnostic and prognostic tool for the restoration of macrophyte biodiversity in fen waters. *Freshwater Biol.* 53(10): 2101-2116.

- Gomes, M.V., R.R. Souza, V.S. Teles and É.A. Mendes. 2014. Phytoremediation of water contaminated with mercury using *Typha domingensis* in constructed wetland. *Chemosphere* 103: 228-233.
- Grace, J.B. 1989. Effects of water depth on *Typha latifolia* and *Typha domingensis*. *Am. J. Bot.* 76(5): 762-768.
- Grace, J.B. and R.G. Wetzel. 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (*Typha*): experimental field studies. *Am. Nat.* 118(4): 463-474.
- Hauenstein, E., F. Peña-Cortés, C. Bertrán, J. Tapia y R. Schlatter. 2008. Comparación florística y estado trófico basado en plantas indicadoras de lagunas costeras de la región de La Araucanía, Chile. *Ecología austral* 18(1): 43-53.
- Hauenstein, E., M. González, F. Peña-Cortés y A. Muñoz-Pedrerros. 2002. Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Toltén (IX Región, Chile). *Gayana Bot.* 59(2): 87-100.
- Hegazy, A.K., N.T. Abdel-Ghani and G.A. El-Chaghaby. 2011. Phytoremediation of industrial waste water potentiality by *Typha domingensis*. *Int. J. Environ. Sci. Te.* 8(3): 639-648.
- Hejný, S. and Š. Husák. 1978. Higher Plant Communities. *In: Dykyjová, D. and J. Květ (Eds.). Pond Littoral Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Vol 28: 23-64. Springer. Berlin, Germany. 464 p.*
- Hootsmans, M.J. and F. Wiegman. 1998. Four helophyte species growing under salt stress: their salt of life? *Aquatic Bot.* 62(2): 81-94.
- Howarth, R.W. and R. Marino. 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnol. Oceanogr.* 51(1 part 2): 364-376.
- Hussner, A. 2009. Growth and photosynthesis of four invasive aquatic plant species in Europe. *Weed Res.* 49(5): 506-515.
- Hussner, A. and R. Lösch. 2007. Growth and photosynthesis of *Hydrocotyle ranunculoides* L. fil. in Central Europe. *Flora* 202(8): 653-660.
- Hussner, A., C. Meyer and J. Busch. 2009. The influence of water level and nutrient availability on growth and root system development of *Myriophyllum aquaticum*. *Weed Res.* 49(1): 73-80.

- Jocou, A. I., C. Fernández y R. Gandullo. 2018. Macrófitas acuáticas vasculares del sistema de drenaje del Alto Valle de Río Negro, Patagonia (Argentina). *Revista Mus. La Plata* 03(02): 296-308.
- Kähkönen, M.A., M. Pantsar-Kallio and P.k. Manninen. 1997. Analysing heavy metal concentrations in the different parts of *Elodea canadensis* and surface sediment with PCA in two boreal lakes in southern Finland. *Chemosphere* 35(11): 2645-2656.
- Kantrud, H. A. 1996. The alkali (*Scirpus maritimus* L.) and saltmarsh (*S. robustus* Pursh) bulrushes: A literature review. Natl. Biol. Serv., Information and Tecnology Report 6. 77 p.
- Kollmann, J. and A. Fischer. 2003. Vegetation as indicator for habitat quality. *Basic and Appl. Ecol.* 4(6): 489-491.
- Lachavanne, J.B., J. Perfetta and R. Juge. 1992. Influence of water eutrophication on the macrophytic vegetation of Lake Lugano. *Aquat. Sci.* 54(3): 351-363.
- Lillebø, A. I., M. A Pardal, J. M. Neto y J. C. Marques. 2003. Salinity as the major factor affecting *Scirpus maritimus* annual dynamics: Evidence from field data and greenhouse experiment. *Aquatic Bot.* 77(2): 111-120.
- López Nieto, J.M., P. Raya y A. Francisco. 1991. Vegetación acuática y helofítica de la depresión de Padul (Granada). *Acta Bot. Malac.* 16(2): 373-389.
- Lozeco, C.V. 2014. Desarrollo de un esquema de gestión integrada para los colectores de drenaje de la ciudad de Cipolletti (Río Negro, Argentina). Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. 223 p.
- Mal, T.K., P. Adorjan and A.L. Corbett. 2002. Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea canadensis*. *Environm. Pollut.* 120(2): 307-311.
- Méndez, E. 2007. La vegetación de los Altos Andes II: Las Vegas del flanco oriental del Cordón del Plata (Mendoza, Argentina). *Bol. Soc. Argentina Bot.* 42(3-4): 273-294.
- Moreira, I., A. Monteiro and T. Ferreira. 1999. Biology and control of parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*) in Portugal. *Ecol. Environm. Conservation* 5: 171-179.

- Muhammad, D., F. Chen, J. Zhao, G. Zhang and F. Wu. 2009. Comparison of EDTA-and citric acid-enhanced phytoextraction of heavy metals in artificially metal contaminated soil by *Typha angustifolia*. Int. J. Phytoremed. 11(6): 558-574.
- Naumann, R.D. y F.M. Haydar. 2015. *Nasturtium officinale* (Brassicaceae): nueva cita para la Flora del Paraguay. Bonplandia 24(1): 63-65.
- Nehring, S. and D. Kolthoff. 2011. The invasive water primrose *Ludwigia grandiflora* (Michaux) Greutery Burdet (Spermatophyta: Onagraceae) in Germany: First record and ecological risk assessment. Aquatic Invasions 6(1): 83-89.
- Newman, J.R. and F.H. Dawson. 1999. Ecology, distribution and chemical control of *Hydrocotyle ranunculoides* in the UK. Hydrobiologia 415: 295-298).
- Onaindia, M., I. Amezaga, C. Garbisu and B. García-Bikuña. 2005. Aquatic macrophytes as biological indicators of environmental conditions of rivers in north-eastern Spain. Ann. Limnol. - Int. J. Lim. 41(3): 175-182.
- Ozimek, T. and A. Kowalczewski. 1984. Long-term changes of the submerged macrophytes in eutrophic Lake Mikołajskie (North Poland). Aquatic Bot. 19(1-2): 1-11.
- Ramírez, C., J. M. Fariña, D. Contreras, A. Camaño, C. San Martín, M. Molina, P. Moraga, O. Vidal y Y. Pérez. 2014. La diversidad florística del humedal “Ciénagas del Name” (Región del Maule) comparada con otros humedales costeros de Chile Central. Gayana Bot. 71(1): 108-119.
- Rial B., A., C. A. Lasso y J. Ayarzagüena. 2010. Efectos en la ecología de un humedal de los llanos de Venezuela (cuenca del Orinoco) causados por la construcción de diques. In: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Capítulo 6: 417-431. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C., Colombia. 609 p.

- Robachl, F., G. Thiébaud, M. Trémolières and S. Muller. 1996. A reference system for continental running waters: plant communities as bioindicators of increasing eutrophication in alkaline and acidic waters in north-east France. *Hydrobiologia* 340: 67-76.
- Rolon, A.S., T. Lacerda, L. Maltchik and D.L. Guadagnin. 2008. Influence of area, habitat and water chemistry on richness and composition of macrophyte assemblages in southern Brazilian wetlands. *J. Veg. Sci.* 19(2): 221-228.
- Romero, J.A., H. Brix and F.A Comín. 1999. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and  $\text{NH}_4$  uptake kinetics by *Phragmites australis*. *Aquatic Bot.* 64(3): 369-380.
- Romero, M.I. and M. Onaindia. 1995. Fullgrown aquatic macrophytes as indicators of river water quality in the northwest Iberian Peninsula. *Ann. Bot. Fenn.* 32: 91-99.
- Sculthorpe, C.D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold Publishers. London, U.K. 610 p.
- Smith, J., C. Smith and C. Hunter. 2001. An experimental analysis of the effects of herbivory and nutrient enrichment on benthic community dynamics on a Hawaiian reef. *Coral Reefs* 19(4): 332-342.
- Smith, S.G. 1967. Experimental and natural hybrids in North American *Typha* (Typhaceae). *Amer. Midl. Naturalist.* 78 (2): 257-287.
- Sosa, A.J., M.H. Julien and H.A. Cordo. 2004. New research on *Alternanthera philoxeroides* (alligator weed) in its South American native range. Proceedings of the XI International Symposium on Biological Control of Weeds. CSIRO Entomology. Canberra, Australia.
- Sosnovsky, A. y R. Quirós. 2006. El estado trófico de pequeñas lagunas pampeanas, su relación con la hidrología y el uso de la tierra. *Ecol. Austral.* 16(2): 115-124.
- Steffen, K., C. Leuschner, U. Müller, G. Wiegleb and T. Becker. 2014. Relationships between macrophyte vegetation and physical and chemical conditions in northwest German running waters. *Aquatic Bot.* 113: 46-55.

- Stiers, I., N. Crohain, G. Jossens and L. Triest. 2011. Impact of three aquatic invasive species on native plants and macroinvertebrates in temperate ponds. *Biol. Invas.* 13(12): 2715-2726.
- Thiebaut, G., F. Guérolde and S. Muller. 2002. Are trophic and diversity indices based on macrophyte communities pertinent tools to monitor water quality?. *Water Res.* 36(14): 3602-3610.
- Toledo, L.A.B., I.A. Canchari y R.F.C. Miñam. 2016. Post-tratamiento del efluente de un reactor UASB que trata agua residual urbana mediante *Myriophyllum aquaticum* (Verll.) a condiciones tropicales. *Infinitum* 6(01): 16-23.
- Ulrich, E. and M. Thomas. 1998. An experimental comparison of the dry matter and nutrient distribution patterns of *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., *Sparganium eurycarpum* Engelm. and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Bot.* 32: 129-139
- Volonté, M. 2014. Código de aguas de la provincia de Río Negro. Congreso Internacional de Códigos y Desafíos para Enfrentar la Crisis del Agua. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.
- Vymazal, J., J. Švehla, L. Kröpfelová and V. Chrastný. 2007. Trace metals in *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* growing in constructed and natural wetlands. *Sci. Total Environm.* 380(1): 154-162.
- Zurayk, R., B. Sukkariyah and R. Baalbaki. 2001. Common hydrophytes as bioindicators of nickel, chromium and cadmium pollution. *Water Air Soil Pollut.* 127(1): 373-388.