

INFORME TEMPORADA DE RIEGO 2019-2020

# Canal Principal Alto Valle: Variaciones de turbiedad y su relación con el crecimiento de vegetación acuática



## **Autores**

### ***Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC)***

Lic. Héctor Labollita

Lic. Ayelen Othaz Brida

M.M.O. Gustavo Romero

Adm. J. Aníbal Contreras

### ***Departamento Provincial de Aguas (DPA Provincia de Río Negro)***

Ing. Gabriel Sorá

Ing. Enrique Kamerbeek

Ing. Agr. María de la Paz Merino Tosoni

Ing. Agr. Cesar Storti

Tec. Pablo Deguele

### ***Consortio de Segundo Grado***

Ing. Osvaldo Vettori

### ***Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)***

Ing. Agr. Mgter. María Lucia Mañueco

Dra. Cecilia Gittins

Ing. Agr. MsC. Miguel Sheridan

Lic. Ayelen Montenegro

Ing. Mgter. Maira Guiñazu

Ing. Agr. Myrian Barrionuevo

### ***Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (FACIAS) - Universidad Nacional del Comahue***

Dra. Adela Bernardis

Lic. Cecilia Navarro

# Capítulo I

## CONTEXTO

*Departamento Provincial de Aguas (DPA - Provincia de Río Negro)*

### **Canal Principal de Riego Alto Valle**

El Sistema de Riego del Alto Valle, constituye la infraestructura de riego más importante de la Provincia de Río Negro, pues permite el riego de 64.552 ha. El desarrollo de la agricultura bajo riego del Alto Valle ha dado lugar a un complejo urbano-rural que se extiende a lo largo de 120 km y en el que se asientan más de 300.000 habitantes.

El empadronamiento para riego alcanza a 58.882 has. La infraestructura de riego está constituida por una red de canales con un desarrollo de 1.977 km, correspondiendo 130 km al canal Principal, 561 km a secundarios, terciarios y cuaternarios y 1.286 km a canales comuneros.

El canal principal es del tipo telescópico, y cuenta con 130 km. de longitud. A medida que se originan los canales secundarios se va reduciendo su sección de modo tal que en la progresiva Km. 1,00 tiene 45 m de solera y en la progresiva Km. 129,995 su solera es de 1,80 m; con taludes de 1:1,5 y velocidades que varían entre 0,87 y 0,47 m/seg. Es de tierra compactada y ha recibido tratamiento o revestimientos de distinta característica por sectores. La mayoría de los revestimientos con los que cuenta el canal principal son de hormigón, y se desarrollan en coincidencia de su traza con las urbanizaciones a lo largo del valle.

### **El problema**

Desde la puesta en servicio del complejo Cerros Colorados, en el río Neuquén, año 1978, aguas arriba del dique Ballester, cambió la problemática del mantenimiento del canal principal.

Se pasó de un mantenimiento invernal, que consistía en recomposición de la sección transversal del cajero mediante desembanque del material decantado, resultado del agua turbia característica natural de la cuenca, al corte de la vegetación acuática que se desarrolla en su interior durante la temporada de riego.

El cambio descrito es un efecto de las aguas claras, como consecuencia directa de los embalses en operación aguas arriba, que actúan como inmensos decantadores de los sedimentos naturales de la cuenca del río Neuquén.

Este problema es de tal magnitud que significa la tarea más importante en el presupuesto del Consorcio de 2º, concesionario del mismo.

Resulta de tal importancia que no atender o demorar el corte de la vegetación en el cajero del canal, se traduce en su rebalse, y consecuente riesgo de rotura, como así también el aumento de pérdidas por el mayor tirante y de su perímetro mojado. Resultando en un menor caudal disponible para los usuarios.

Durante la temporada 2019-2020 se inició el estudio de especies existentes, análisis de agua de distintos tipos y de suelo en cajero. La particularidad de este ciclo fue que dejó de ser un año “problema”.

#### **CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE**

Se habían presupuestado, como hace décadas, cuatro cortes de vegetación acuática, pero por la salida de servicio de la Central Hidroeléctrica Planicie Banderita, y no contar esta presa con una descarga para riego, sin pasar por las máquinas, el suministro de agua al dique Ballester se recibió directamente del dique Portezuelo.

Esta operación generó, y se registró, un aumento de turbiedad coincidente con la época de crecimiento de las malezas en el canal, en forma práctica se tradujo en menos de 2 cortes de los presupuestados, y cada uno de ellos con muy poco material vegetal, en comparación con temporadas anteriores.

Lo ocurrido demuestra que la práctica, durante temporada de riego, de generar pulsos de turbiedad desde Portezuelo se traduce en forma directa en un beneficio al sistema de riego, al que le aporta, además, sedimentos finos que algo ayudan a la disminución de filtraciones, por entarquinado.

Como antecedente cercano en el tiempo, pero de menos duración, se había observado este efecto, durante la salida de servicio de la Central Hidroeléctrica Planicie Banderita, en el año 2016.

No obstante, lo expuesto, se considera necesario continuar la experiencia conjunta con INTA y AIC, en cuanto a identificación de especies, que podría registrar alguna diferencia por el cambio de turbiedad, así como el control de parámetros in situ en la próxima temporada de riego 2020-2021.

## Otras Consideraciones

En el sistema canal principal Alto Valle, coexisten con el uso de suministro de agua para riego, otros aprovechamientos. Del análisis de los resultados, parciales, obtenidos surge que deben arbitrarse los medios para resolver las siguientes situaciones:

- 1) Captaciones de agua cruda para potabilizar, en las localidades de Cinco Saltos, Cipolletti, Fernández Oro, Allen y General Roca. Solo en esta última localidad la planta cuenta con un decantador previo a los Filtros Rápidos, pero con resultados regulares. Y si bien no se registraron turbiedades excesivas en el canal, fueron suficientes para complicar la operatividad de esas instalaciones. Concluyéndose que el canal no es el decantador, en cada instalación se debería contemplar la construcción de esta obra conexas.
- 2) Centrales Hidroeléctricas, solo en el caso de la Central Hidroeléctrica Ing. Julián Romero se realiza el retiro del material vegetal retenido en las rejillas de limpieza, y se transporta hasta el basural municipal. En las otras dos centrales el material vegetal es descargado al canal, lo que genera la incorporación de propágulos aguas abajo. Estos deben retirarse a lugar seguro.
- 3) El Consorcio de 2º tendría que indicar a sus contratistas la necesidad de asegurar el retiro del material vegetal, no dejarlo en las calles de servicio, dado que esta práctica también aporta propágulos al sistema (observación del INTA).

## Cronología de las variaciones del abastecimiento

Notas:

- 1) El primer corte de vegetación acuática en el canal principal se iniciaba, en años anteriores, en la primera semana de noviembre. Como se puede observar desde agosto se

### CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE

estaba registrando aumentos de turbiedad. Por lo que se demoró el inicio del primer corte al 25/11/19, en el km 89, y se terminó en el km 0,0 el 12/11/19. Observándose muy poco material cortado en todo el recorrido, consecuencia lógica del aumento de turbiedad.

2) El 13/01/20 el concesionario, Consorcio de 2º, informa que realizará un 2º corte parcial, entre los km 105 y 89 (tramo que no se había incluido en el primer corte) y desde el km 89 al 4,2, edificio regulador al Lago Pellegrini.

3) Luego de la tarea del punto anterior no fue necesario ningún trabajo de mantenimiento por crecimiento de vegetación acuática.

## Capítulo II

### MONITOREO DEL CANAL PRINCIPAL POR PRESENCIA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA

*Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC)*

*Departamento Provincial de Aguas (DPA). Provincia de Río Negro*

#### Antecedentes

Con el objetivo de analizar la problemática relacionada con el crecimiento de vegetación acuática (macrófitas y algas) en el Canal Principal de Riego en el Alto Valle (CPRAV), y delinear estrategias de manejo en conjunto, se organizó un equipo de trabajo con técnicos del DPA, INTA, UNCo y la AIC. Se diagramó un programa de monitoreo del CPRAV a fin de evaluar la magnitud de la problemática vinculada al crecimiento de las plantas acuáticas. El primer muestreo de diagnóstico se realizó en forma conjunta el día 12/07/19, registrándose ciertas diferencias en los tres sitios muestreados en los parámetros de calidad de agua, y la presencia de plantas acuáticas macrófitas (Lama), algas (Baba de Sapo) y plantas vasculares superiores utilizadas como sustrato para el crecimiento o adhesión de algas microscópicas como clorofitas y diatomeas (ver Anexo 2).

#### Metodología

Los muestreos realizados en el marco del plan se realizaron desde septiembre del 2019 a marzo del 2020 en seis sitios del CPRAV (ver Tabla 1 y mapa en anexo 1). Con un medidor multiparamétrico Hach HQ40d se determinaron in situ las siguientes variables físico-químicas: temperatura del agua (T° agua), pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD) tanto en concentración ([OD]) como en porcentaje (OD%). Asimismo, se colectaron muestras para la determinación en laboratorio de nutrientes, fósforo total (PT) (SM 4500 P-f), nitrógeno total (NT) (Grasshoff et al., 1983) en los sitios 1 a 3 y nitrógeno orgánico total (NOT) (digestión con persulfato) en los sitios 4 a 6; y para el análisis bacteriológico, Coliformes Totales (SM 9221 B) y Escherichia coli (SM 9221 E-G) en todos los sitios.

*Tabla 1. Coordenadas de localización de los sitios de monitoreo en el Canal Principal de Riego en la zona Alto Valle.*

Sitio	Latitud	Longitud
S1: progresiva Km 4,5	38°44'14,6" S	68°07'26,4" O
S2: progresiva Km 18	38°49'59,6" S	68°02'31,3" O
S3: progresiva Km 33	38°54'36,9" S	67°56'30,1" O
S4: progresiva km 45,94	38°58'26,9" S	67°49'59,0" O
S5: progresiva km 70	39°01'23,5" S	67°34'12,7" O
S6: progresiva km 89	39°03'18,3" S	67°21'44,4" O

## Resultados

### Parámetros de calidad de agua

En las tablas 2 – 7 se presentan los valores de las mediciones in situ efectuadas en los seis sitios de monitoreo, así como los resultados de nutrientes y bacteriología de las muestras colectadas. Los valores obtenidos para fósforo y nitrógeno en los sitios 1 a 3, no son comparables con los restantes sitios ya que se utilizaron diferentes técnicas para su determinación.

Tabla 2. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 1 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 1: Progresiva Km 4,5											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NT (µg N/L)	PT (µg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
02/09/19	10	8.1	245	11.5	104	3	40	-	-	-	-
26/09/19	16	7.9	225	9.4	99	24	61	217	62	25	3
15/10/19	11	7.8	202	10.1	95	23	63	163	-	15	<3
06/11/19	17	7.1	185	9.6	104	20	67	121	44	<3	<3
06/12/19	19	7.2	235	9.1	101	11	67	-	-	75	<3
07/01/20	19	7.1	238	8.7	98	7	68	-	-	3	<3
10/02/20	-	7.9	300	-	-	4	68	-	-	7	4
09/03/20	22	8.1	242	8.5	100	5	62	-	-	20	7
<b>Promedio</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>234</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>62</b>	<b>167</b>	<b>53</b>	<b>15</b>	<b>4</b>

\* media geométrica

Tabla 3. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 2 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 2: Progresiva Km 18											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NT (µg N/L)	PT (µg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
02/09/19	11	8.8	246	11.7	107	3	40	-	-	-	-
26/09/19	17	8.1	226	9.6	101	27	61	210	58	15	< 3
15/10/19	11	7.9	203	10.5	98	20	63	162	54	10	<3
06/11/19	18	7.2	181	9.9	109	21	67	151	48	11	4
06/12/19	19	7.3	240	9.5	107	6	67	-	-	8	<3
07/01/20	20	7.2	237	9.0	102	5	68	-	-	11	<3
10/02/20	-	8.1	300	-	-	3	68	-	-	20	3
09/03/20	21	8.3	237	8.7	102	5	62	-	-	3	<3
<b>Promedio</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>234</b>	<b>10</b>	<b>104</b>	<b>11</b>	<b>62</b>	<b>174</b>	<b>53</b>	<b>10</b>	<b>3</b>

\* media geométrica

Tabla 4. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 3 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 3: Progresiva Km 33											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NT (μg N/L)	PT (μg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
02/09/19	10	9.0	248	11.6	104	4	40	-	-	-	-
19/09/19	11	8.5	239	10.5	98	47	-	-	-	-	-
26/09/19	17	8.6	223	9.8	103	33	61	182	75	5	<3
10/10/19	16	8.2	210	10.1	106	29	-	-	-	-	-
15/10/19	12	7.8	272	10.4	98	29	63	234	58	25	3
23/10/19	20	8.1	192	9.7	109	19	-	-	-	-	-
01/11/19	18	7.7	188	9.2	101	19	-	-	-	-	-
06/11/19	19	7.3	181	8.6	108	26	67	152	63	16	3
12/11/19	20	7.3	195	8.7	101	24	-	-	-	-	-
22/11/19	23	7.5	164	8.9	106	37	-	-	-	-	-
25/11/19	20	7.7	185	9.5	106	31	-	-	-	-	-
06/12/19	20	8.0	244	9.2	107	31	67	-	-	20	3
07/01/20	21	7.4	239	8.8	103	6	68	-	-	4	<3
10/02/20	-	8.2	300	-	-	3	68	-	-	4	<3
09/03/20	23	8.7	239	8.5	102	6	62	-	-	7	3
<b>Promedio</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>221</b>	<b>10</b>	<b>104</b>	<b>23</b>	<b>62</b>	<b>189</b>	<b>65</b>	<b>9</b>	<b>3</b>

\* media geométrica

Tabla 5. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 4 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 4: Progresiva Km 45,9											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NOT (mg N/L)	PT (mg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
30/08/19	11	8.5	310	12.5	115	5	40	-	-	-	-
26/09/19	16	7.9	260	11.0	113	34	61	0.019	0.016	<3	<3
06/11/19	19	8.3	183	9.6	108	24	67	-	-	4	<3
06/12/19	21	8.6	268	9.3	108	12	67	-	-	95	14
07/01/20	20	8.7	270	9.1	106	5	68	-	-	11	<3
10/02/20	22	8.6	300	9.5	111	3	68	-	-	11	3
09/03/20	21	8.9	314	9.3	107	6	62	-	-	15	<3
<b>Promedio</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>272</b>	<b>10</b>	<b>110</b>	<b>13</b>	<b>62</b>	<b>0.019</b>	<b>0.016</b>	<b>14</b>	<b>6</b>

\* media geométrica

Tabla 6. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 5 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 5: Progresiva Km 70											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NOT (mg N/L)	PT (mg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
30/08/19	12	8.3	300	12.3	115	6	40	-	-	-	-
26/09/19	16	8.1	260	10.8	112	32	61	0.031	< 0,01	10	<3
06/11/19	18	8.1	190	9.9	108	24	67	-	-	4	3
06/12/19	20	8.3	277	9.4	107	9	67	-	-	39	3
07/01/20	19	8.3	280	9.4	106	6	68	-	-	4	<3
10/02/20	22	8.3	290	9.0	105	6	68	-	-	4	3
09/03/20	21	8.8	263	9.2	105	5	62	-	-	11	<3
<b>Promedio</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>266</b>	<b>10</b>	<b>108</b>	<b>13</b>	<b>62</b>	<b>0.031</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>8</b>	<b>3</b>

\* media geométrica

Tabla 7. Valores de mediciones in situ, y resultados de nutrientes y bacteriológicos obtenidos en el sitio 6 del Canal Principal de Riego, Alto Valle.

SITIO 6: Progresiva Km 89											
Fecha	T. agua (°C)	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(%)	Turb (NTU)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	NOT (mg N/L)	PT (mg P/L)	Bacteriológico (NMP/100 mL) *	
										Coli. Totales	E. coli
30/08/19	12	8.3	300	12.3	116	7	40	-	-	-	-
26/09/19	16	7.9	270	10.4	107	35	61	0.041	0.04	18000	<3
06/11/19	18	8.1	190	9.4	103	16	67	-	-	4	3
06/12/19	21	8.2	274	8.9	102	22	67	-	-	93	<3
07/01/20	20	8.8	280	9.3	103	7	68	-	-	4	<3
10/02/20	22	8.6	300	8.7	102	5	68	-	-	4	3
09/03/20	21	8.8	262	8.8	102	7	62	-	-	11	<3
<b>Promedio</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>268</b>	<b>10</b>	<b>105</b>	<b>14</b>	<b>62</b>	<b>0.041</b>	<b>0.040</b>	<b>31</b>	<b>3</b>

\* media geométrica

En general, los resultados de las variables medidas in situ (pH, CE y oxígeno disuelto) resultaron estables en las progresivas del CPRAV durante el período de muestreo, resultando análogas a los registros medidos en el sitio Dique Ballester. Este sitio de monitoreo de la red básica de AIC, se puede tomar como referencia de la calidad del agua ingresante al CPR. En el anexo 3 se presentan los registros históricos de las variables analizadas, mientras que los valores promedio se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Valores promedio de las variables analizadas en el sitio de referencia Dique Ballester, sitio de referencia de la calidad del agua del Canal Principal de Riego.

SITIO DE REFERENCIA: DIQUE BALLESTER							
PERÍODO	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	Ox. disuelto (mg/L)	Turb (NTU)	NT ( $\mu$ g N/L)	PT ( $\mu$ g P/L)	E. coli *
2001-2020							(NMP/100 mL)
PROMEDIO	8,2	249	10	3,3	107	18	20

\* media geométrica

Las determinaciones de nutrientes se efectuaron en dos laboratorios diferentes, y particularmente el análisis de nitrógeno fue realizado bajo metodologías distintas. En las muestras colectadas en los tres primeros sitios se analizó NT, y en los sitios restantes NOT. Al resultar determinaciones diferentes el análisis comparativo de nutrientes totales se realizó para los sitios 1, 2 y 3. En este sentido, las concentraciones de nutrientes promedio medidas en el CPR resultaron mayores (NT = 177  $\mu$ g/L y PT = 57  $\mu$ g/L) comparadas con los valores de referencia (Tabla 8), mostrando una tendencia de incremento, en el sentido de avance de las progresivas, desde el sitio 1 al 3. Particularmente los registros de turbidez resultaron altos durante la mayor parte del muestreo, debido a la contingencia ocurrida en Planicie Banderita que obligó a derivar un caudal mayor al habitual por el tramo Portezuelo Grande – Chañar, elevando la turbidez del río Neuquén y consecuentemente del Canal Principal de Riego.

A fin de analizar la dinámica de las variables analizadas, se presenta en la Fig. 1 los valores registrados en el sitio 3 (progresiva Km 33). Se puede observar que los elevados valores de turbidez registrados durante los primeros meses del estudio (vinculados a la contingencia en Planicie Banderita), en el mes de enero retornaron a los registros medidos antes de la contingencia (agosto 2019), resultandos similares a los medidos habitualmente en el sitio Dique Ballester.

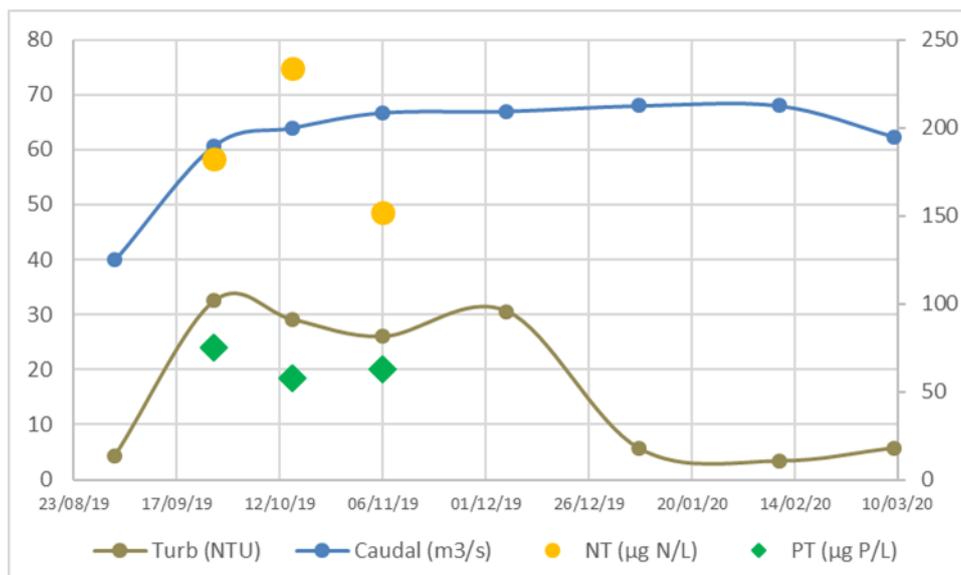


Figura 1. Registros de turbidez, caudal (eje principal) y nutrientes (NT y PT) medidos en el sitio 3 del CPR.

### Análisis de Componentes Principales

A fin de simplificar el análisis del conjunto de variables medidas en las progresivas del CPR, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP), en dos instancias. En la primera, se analizaron las variables, temperatura del agua ( $T^{\circ}$  agua), pH, CE, OD, caudal (Q) y turbidez, registradas en los seis sitios muestreados. Mientras que, en la segunda, se analizaron las mismas variables incluyendo los nutrientes, registrados en los sitios 1 a 3.

#### Análisis de componentes principales de los sitios 1 a 6

Se realizó un ACP con los registros medidos durante siete muestreos en los sitios 1 a 6 del CPR, correspondientes a las variables:  $T^{\circ}$ , pH, CE, OD, caudal (Q) y turbidez, presentado en el diagrama de ordenamiento de la Fig. 2. Los dos primeros componentes del diagrama explican el 77 % de la variabilidad de los datos de calidad de agua, mostrando la relación entre las variables y la distribución de las progresivas en función de los gradientes ambientales.

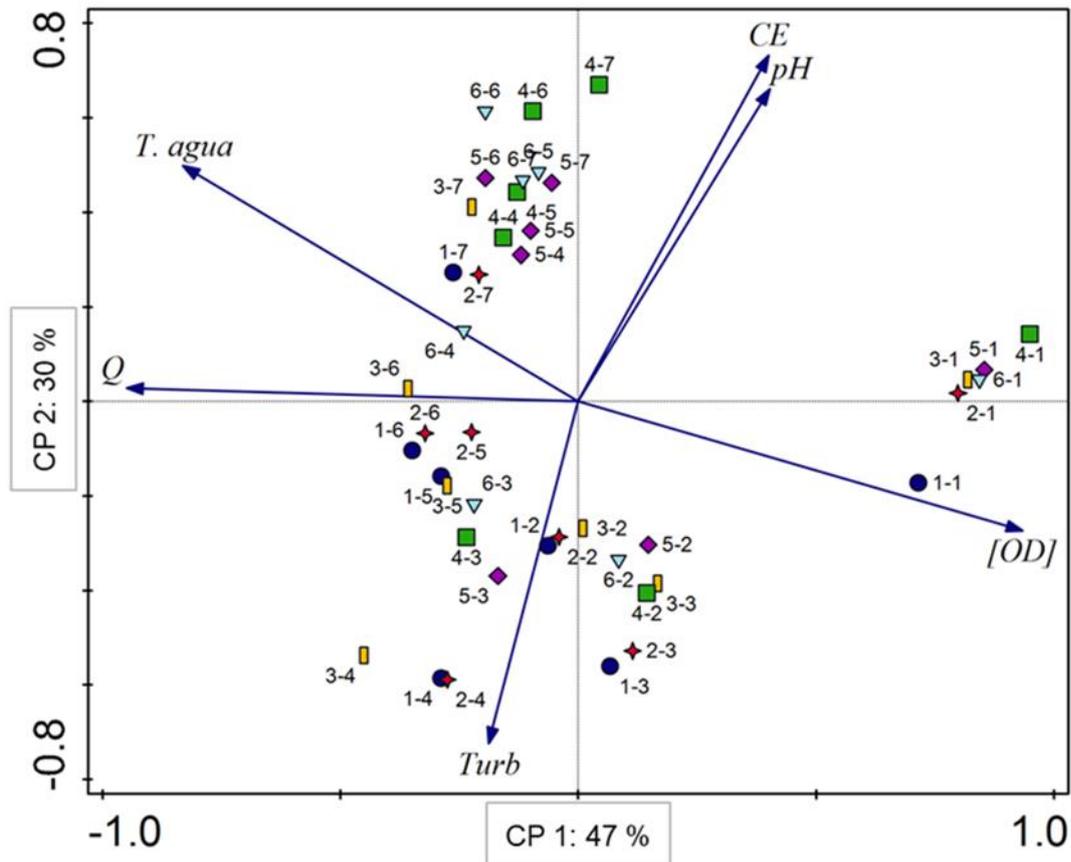


Figura 2. Ordenamiento de los sitios de acuerdo al ACP, basado en las variables analizadas en los seis sitios del CPRAV durante el período septiembre 2019 – marzo 2020. El primer número indica el sitio (1 a 6), y el segundo, indica el muestreo (1 a 7).

El primer eje (CP1) captura el 47 % de la variación de los datos, e indica un primer gradiente formado por la variación en los valores de Q, T° agua y [OD], mayores valores de las dos primeras variables se corresponden con las menores [OD]. En tanto que, el segundo eje (CP2) explica el 30 % de la variación de los datos y evidencia un segundo gradiente regido por los valores de pH, CE y turbidez, mayores valores de turbidez se corresponden con menores valores de CE y pH. En la Fig. 2 se puede ver que, a excepción del primer muestreo, los sitios se ordenan principalmente en función del gradiente marcado por el CP2, y una leve variación en función del gradiente del CP1. Los sitios localizados en las tres primeras progresivas (1, 2 y 3), mostraron estar más influenciados por los mayores valores de turbidez, y con el avance en las progresivas (sitios 4, 5 y 6) adquirieron relevancia los mayores valores de pH y CE. El primer muestreo se diferenció claramente de los seis muestreos restantes, con las menores temperaturas, menor caudal y las mayores concentraciones de OD, con una insignificante influencia de las variables del CP2.

#### Análisis de componentes principales de los sitios 1 a 3

Se realizó un ACP con los registros correspondientes a los sitios de las tres primeras progresivas del CPR, seleccionando los muestreos en los cuales se analizaron nutrientes además de las variables de campo (T°, pH, CE, OD, Q y turbidez). En la Fig. 3 se presenta el diagrama de ordenamiento de las variables que explica el 83 % de la variabilidad de los datos,

y la correspondiente distribución de los tres sitios analizados. El primer eje (CP1) captura el 57 % de la variación de los datos, e indica un primer gradiente formado por la variación en los valores de Q, y en sentido opuesto por los valores de pH, CE, turbidez y las concentraciones de nutrientes (NT y PT). En tanto que, el segundo eje (CP2) explica el 26 % de la variación de los datos y evidencia un segundo gradiente regido por los valores de T° agua y en sentido opuesto las concentraciones de OD.

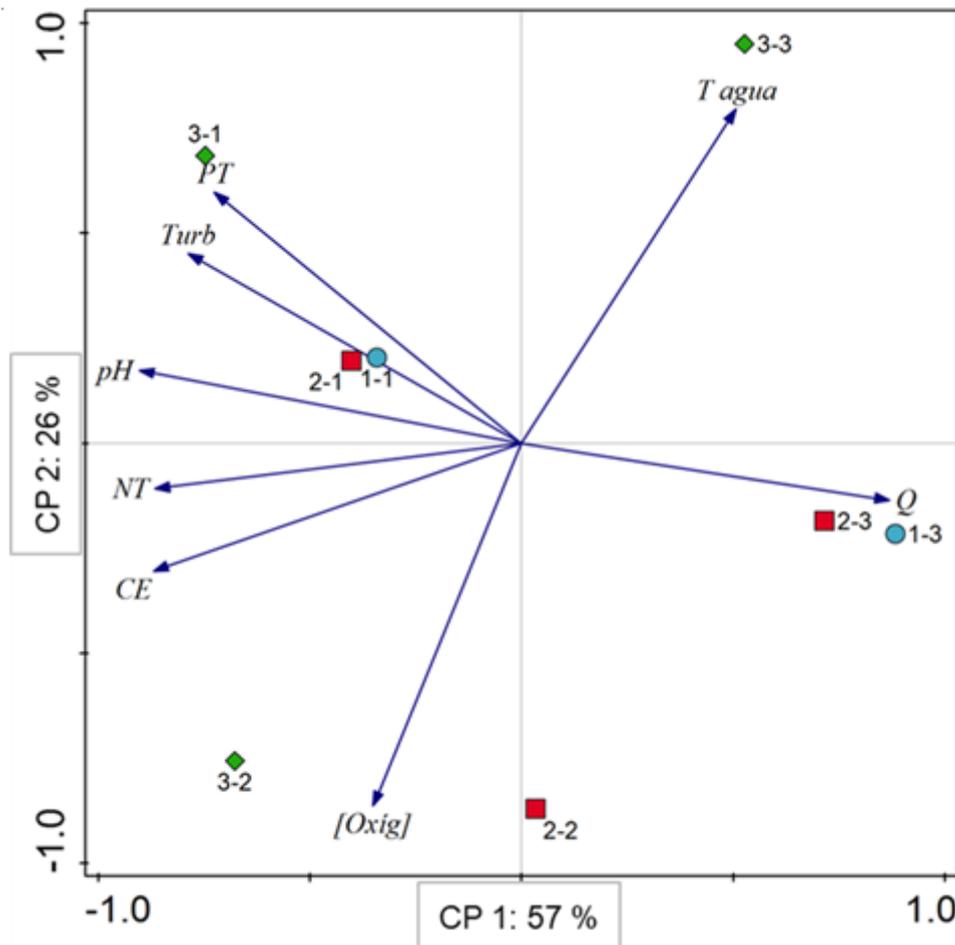


Figura 3. Ordenamiento de los sitios de acuerdo al ACP, basado en las variables analizadas en los tres primeros sitios del CPRAV durante el período septiembre 2019 – marzo 2020. El primer número indica el sitio (1 a 3), y el segundo, indica el muestreo (1 a 3).

En este diagrama los sitios evaluados se ordenan más claramente en función del momento del muestreo y no tanto por la ubicación de los sitios. Esto evidencia que, al menos en las tres primeras progresivas, las condiciones del CPRAV fueron muy similares a lo largo de su recorrido, variando simultáneamente en función de las variables dominantes en cada momento. En el muestreo indicado como 1 en la Figura 3, realizado el 26/09/19, predominaron las condiciones de mayores concentraciones de nutrientes (especialmente PT), turbidez, pH y CE, y el menor valor de Q. En el muestreo indicado como 2 en la Figura 3 (15/10/19) predominaron las mayores concentraciones de OD y menores temperaturas del agua. Mientras que en el muestreo 3 (06/11/19) prevaleció la condición de mayores caudales, menores concentraciones de nutrientes y turbidez en las dos primeras progresivas (Km 4,5 y

Km 18), mientras que en el sitio 3 (progresiva Km 33) con un ordenamiento diferente, predominaron la mayor temperatura y menor concentración de OD.

En resumen, el análisis exploratorio de los datos (ACP) evidenció que todas las variables analizadas tienen gran influencia en la conformación de los componentes principales, y particularmente el caudal, la turbidez y CE fueron las variables las más relevantes en el ordenamiento observado de los sitios en cada momento de muestreo. En este sentido, si bien se detectaron ciertas diferencias en las condiciones de calidad de agua a lo largo de las progresivas del CPR, la variabilidad estuvo más asociada al momento de muestreo que a la ubicación de los sitios. Estos resultados están en relación directa con la situación atípica monitoreada, marcada por la variación de turbidez observada en el agua ingresante al CPR desde el río Neuquén debido a la contingencia ocurrida en Planicie Banderita.

## **Conclusiones y recomendaciones**

Las variables de calidad de agua medidas en el CPR en la zona Ato Valle, resultaron semejantes a los valores promedios (2001-2019) registrados en el sitio de referencia Dique Ballester, a excepción de los nutrientes. Las concentraciones totales de nitrógeno y fósforo medidas en el CPR resultaron mayores, especialmente el fósforo casi triplicó el valor promedio registrado en el sitio de referencia. En tanto las variables medidas in situ (pH, CE, temperatura y oxígeno disuelto) si bien presentaron variaciones, fueron estables a lo largo de las progresivas analizadas durante el período de muestreo.

Las variaciones registradas en los parámetros de calidad de agua a lo largo de las progresivas del CPR en la zona Alto Valle, estuvieron asociadas en mayor medida al momento de muestreo, y en menor grado con la ubicación de los sitios de muestreo, evidenciando una variación estacional.

A partir de los resultados obtenidos en el presente informe, condicionados por una situación extraordinaria, se considera posible disminuir el número de sitios muestreados en el CPR e incrementar la frecuencia de monitoreo, a fin de evaluar variaciones asociadas con la estacionalidad mencionada.

Para los próximos monitoreos, se recomienda efectuar las determinaciones analíticas de igual tipo en un mismo laboratorio, con el fin de obtener resultados comparables.

Se sugiere vincular los resultados obtenidos en el monitoreo de malezas acuáticas con los de calidad de agua, a fin de analizar asociaciones entre los factores abióticos evaluados y las especies de vegetación acuática halladas.

## **Bibliografía**

APHA, AWWA, WEF. 1995.- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 th ed.

GRASSHOFF, M., K. EHRHARDT & K. KREMLING. 1983.- Methods of seawater analysis. Grasshoff, M; Ehrhardt, K. and Kremling, K. (Ed.), 419 pp.

## Capítulo III

### RELEVAMIENTO DE MALEZAS ACUÁTICAS

*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*

*Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (FACIAS) - UNComahue*

#### Introducción

La mayoría de los revestimientos con los que cuenta el canal principal son de hormigón, y se desarrollan en coincidencia de su traza con las urbanizaciones a lo largo del valle. La mayor penetración de los rayos solares en canales naturales poco profundos y en canales artificiales debido al efecto de aguas claras, provoca una mayor proliferación de malezas acuáticas. Esto perjudica el normal escurrimiento de las aguas, obligando a tener que colocar mayores volúmenes de agua a los necesarios para poder cumplir con todas las necesidades de riego. Circunstancia que demanda un incremento tanto en la frecuencia como en la intensidad y costo de las tareas de mantenimiento.

El objetivo del presente trabajo fue identificar las especies de malezas acuáticas presentes en el canal de riego, a fin de conocer sus aspectos biológicos y ecológicos para evaluar estrategias para su manejo.

#### Diseño del relevamiento

En junio 2019 (invierno) y diciembre 2019 (verano) se realizaron recorridos del canal principal identificando puntos de interés para el muestreo. En enero y febrero 2020 se evaluaron diferentes estrategias de muestreo debido a las características del canal principal, profundidad, ancho, corriente, entre otros. Entre ellas, el uso de una draga sin éxito en la toma de muestras por la fuerte corriente; uso de una cámara sumergida, en este año hubo elevada turbidez del agua y no se observaba bien las imágenes a fin de identificar las especies vegetales. En todas estas fechas se tomaron muestras de material vegetal en los bordes y en la orilla del canal.

Finalmente, para el muestreo se utilizó un implemento fabricado en INTA IPAF teniendo en cuenta otros dispositivos similares utilizados para muestrear macrófitas enraizadas en lagos y lagunas (Weyl & Coetzee, 2013). En este caso se construyó una especie de ancla de hierro que permitiera el peso necesario para alcanzar el fondo del canal. El mismo se encuentra unido a una cuerda y se realizan los lanzamientos desde la orilla o los puentes en las diferentes zonas de muestreo (figura 1). En el mes de marzo se seleccionaron 18 puntos a lo largo del canal, correspondientes a sectores con y sin revestimiento (cuadro 1). En cada punto de muestreo se arrojó al agua el dispositivo 3 veces, y se recolectó todo el material que quedaba atrapado en el mismo en bolsas rotuladas. Cuando se encontraba un puente en el sitio, las muestras se tomaban del centro y próximo a los bordes.

En laboratorio el material recolectado fue herborizado para su conservación y confirmación de su determinación por especialistas.



*Figura 4. A. Dispositivo, B. recolección en zonas revestidas, C. recolección en zonas sin revestir.*

*Cuadro 1- Coordenadas de los puntos de muestreo. Los puntos 4, 5, 9 y 13 corresponden a sectores con revestimiento*

Tabla 9. Coordenadas de los puntos de muestreo. Los puntos 4, 5, 9 y 13 corresponden a sectores con revestimiento.

Punto	Latitud	Longitud
1	38°44'20.13"S	68° 7'19.49"O
2	38°45'8.68"S	68° 5'28.69"O
3	38°46'39.20"S	68° 6'26.04"O
4	38°49'2.40"S	68° 3'36.70"O
5	38°50'11.51"S	68° 2'10.94"O
6	38°53'5.49"S	67°57'47.21"O
7	38°54'12.20"S	67°56'31.80"O
8	38°57'52.10"S	67°50'58.20"O
9	38°58'35.20"S	67°49'21.00"O
10	39° 1'3.22"S	67°40'11.87"O
11	39° 4'55.28"S	67°11'20.89"O
12	39° 4'34.88"S	67°11'33.26"O
13	39° 4'19.35"S	67°14'19.50"O
14	39° 4'1.38"S	67°16'2.63"O
15	39° 3'42.27"S	67°18'35.04"O
16	39° 3'3.03"S	67°23'12.99"O
17	39° 1'15.41"S	67°35'19.10"O
18	39° 0'59.88"S	67°36'44.75"O

## Resultados

En el material recolectado se encontraron 5 especies de plantas vasculares (*Stuckenia striata*, *S. pectinata*, *S. filliformis*, *Potamogeton illinoensis*, *Myriophyllum quitense*) y una especie de alga filamentosa (*Cladophora* sp.).

*S. pectinata* fue observada en los recorridos del canal para la definición de los puntos de muestreo, pero no fue encontrada cuando se extrajo material para su determinación, por ello se menciona su presencia.

Las especies dulceacuícolas de *Cladophora* son especialmente variables en la morfología, lo que dificulta su identificación a nivel de especie y es por ello que aquí se presenta a nivel de género.

En el Anexo 4 del presente capítulo se presentan las fichas realizadas para cada especie.

## Observaciones del muestreo

En el muestreo realizado predominó *Cladophora* sp., con presencia en casi todos los puntos relevados, tanto en sitios con y sin revestimiento, siendo más importante en el primero (figura 2). También se encontró sobre las ramas de las plantas acuáticas.

La segunda especie en importancia fue *Stuckenia striata* (figura 2). En sectores con mayor corriente se halló el complejo formado por *Stuckenia striata* y *S. filiformis*. Mientras que *Potamogeton illinoensis* se localizó en los sectores con menor corriente.

La determinación de algunos ejemplares puede complejizarse, ya que se ha observado en otros lugares que *Stuckenia pectinata* y *S. filiformis* pueden hibridizarse. En este caso, los híbridos son estériles y se propagan por reproducción asexual (Du & Wang, 2016).

En la mayoría de los casos, *Myriophyllum quitense* se encontró en bajas proporciones, excepto en el punto 14, en la localidad de Ing. Huergo, donde el canal no presentaba revestimiento y se observaba un sustrato fangoso.

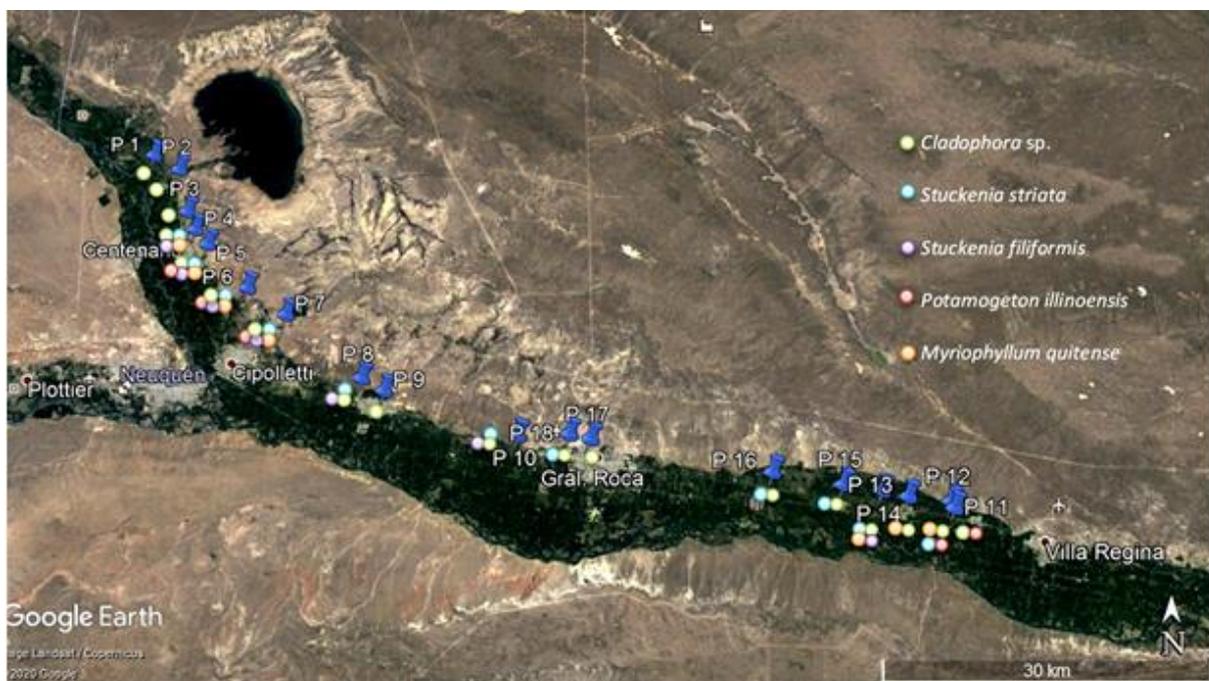


Figura 5. Localización de los puntos de muestreo en el mapa y especies relevadas.

## Estrategias de manejo y consideraciones en función de los resultados preliminares

El manejo de malezas acuáticas demanda la integración de diferentes métodos: físicos, mecánicos, biológicos entre otros, conjuntamente con medidas preventivas y estudios básicos de biología y ecología de malezas (Elmore, 1996). Las medidas de control de malezas acuáticas se pueden sintetizar según las siguientes categorías (cuadro 2):

Tabla 10. Categorías de las estrategias de control de malezas acuáticas.

Manipulación del Medio Ambiente	Control Físico	Control Químico	Control Biológico
<ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas destinadas a lograr la alteración del hábitat de modo de lograr condiciones adversas para el crecimiento de las plantas.</li> <li>Por ejemplo, aumento del sombreado al cuerpo de agua lo que puede producir la disminución o anulación del crecimiento vegetal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación del control manual y mecánico para la remoción de la vegetación.</li> <li>Tiene la ventaja de que su aplicación es independiente de factores ambientales y épocas del año.</li> <li>La remoción de las plantas está asociada en ocasiones a la extracción del sedimento del canal, lo cual se traduce en una movilización de nutrientes y desbalance del banco de semillas y propágulos.</li> <li>Este es el método actualmente utilizado en la región, donde se utiliza una cadena pesada de colgada entre dos tractores, uno en cada banco. Luego, la cadena se arrastra río arriba, eliminando el crecimiento de malezas a medida que avanza.</li> <li>La <b>desventaja</b> de estos métodos es su lentitud, el alto costo y la necesidad de una actuación repetitiva durante los períodos de mayor crecimiento de las plantas (Svachka 1997).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de la biomasa mediante el uso de productos químicos.</li> <li>Generalmente no es aconsejable el uso de productos químicos en o cerca de los cuerpos acuáticos, ya que esto puede provocar riesgos al ambiente y a la salud humana. Esto es importante, en particular, en áreas densamente pobladas.</li> <li>Por otra parte dada la especificidad de los productos hay que pensar en una serie de productos que actúen sobre las diferentes poblaciones de malezas (algas y plantas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de organismos vivos, tales como insectos, peces y hongos patógenos, para el manejo de la vegetación sumergida.</li> <li>El uso del pez <i>Cyprinus carpio</i> fue estudiado como una alternativa para el control de vegetación sumergida en canales de drenaje de la zona de CORFO. Su uso en canales de riego requiere de un mecanismo que permita la recuperación de los peces cuando se produce el corte invernal del agua, como así también en casos puntuales controlar el excesivo crecimiento de la especie.</li> </ul>

En el sistema en estudio encontramos tanto plantas vasculares como algas que interactúan, lo cual constituye una complejidad en el manejo. Las plantas acuáticas pueden estabilizar el estado de aguas claras en virtud de diferentes efectos generados por ellas mismas. Estos mecanismos de retroalimentación positivos comprenden: la reducción en la suspensión de los sedimentos del fondo; la provisión de refugio para el zooplancton herbívoro y otros organismos filtradores (moluscos) que colaboran en la disminución de la biomasa planctónica; la supresión del crecimiento algal a través de la liberación de metabolitos con efectos alelopáticos; y la reducción en la disponibilidad de nutrientes.

En la planificación de una estrategia para el manejo de las plantas acuáticas consideramos importante el aporte desde la cuenca; la regeneración del material vegetal entre una temporada y la siguiente; y aquellos factores que inciden en el crecimiento de las especies.

Sobre el primero, consideramos que los fragmentos de plantas acuáticas derivados de la cuenca aportan al repoblamiento de especies dentro del canal. Se propone realizar a principios de la temporada un muestreo aguas arriba del canal para verificar esto, y en caso de confirmarse una de las estrategias podría plantear el diseño de alguna barrera física al inicio del canal principal.

#### a) Regeneración del material vegetal

En áreas sometidas a secado periódico, el rol del régimen de agua tiene un papel preponderante en la dispersión y germinación de propágulos, como así también en el modelado de los patrones de distribución vegetal (Galinato y Van der Valk ,1986).

En el caso de las plantas acuáticas se consideran dos estrategias: banco semillas y banco de estructuras vegetativas para la reproducción asexual (por ejemplo rizomas, tubérculos, entre otros).

- Banco de semillas

En nuestro relevamiento se observaron estructuras reproductivas durante el mes de marzo. En el caso de las plantas acuáticas como *Potamogeton* y *Stuckenia*, la bibliografía cita que no es la estrategia preponderante. Los bancos de semillas solo hacen una contribución limitada a la supervivencia a corto plazo de las poblaciones porque se ha demostrado que la germinación es

#### CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE

pobre. Por lo general, las plantas derivadas de los aquenios son poco comunes y la reproducción sexual puede funcionar como una estrategia de supervivencia a largo plazo, como el restablecimiento de una población después de una desecación prolongada o cambios drásticos en la salinidad (van Wijk 1988, Kantrud 1990).

- Banco de estructuras vegetativas para la reproducción asexual

El momento en que se realizan las operaciones para el control de las malezas (uso de cadenas) es crucial para la reducción de la formación de propágulos vegetativos de las principales especies presentes: rizomas en el caso de *Potamogeton illinoensis* y *Stuckenia filiformis*, y tubérculos en el caso de *Stuckenia pectinata* y *S. striata* (Yeo, 1965; Hellquist et al., 2012).

*Potamogeton illinoensis* presenta dos tipos diferentes de rizomas: a) rizomas I, que se producen desde las etapas iniciales en el ciclo anual y mueren en el invierno siguiente, los cuales son estructuras de colonización, y b) rizomas II, que aparecen al principio del verano como un alargamiento de los extremos del rizoma I, probablemente por acumulación de reservas de carbohidratos, son más blancas y más grandes que el tipo previo y desarrollan una más corta debajo del suelo pasando el invierno. Solo los rizomas II sobreviven la temporada seca e inician la siguiente temporada (Dall'Armellina et al., 1996).

Para las especies rizomáticas, la defoliación regular de las plantas puede ser un medio efectivo para el agotamiento de las reservas de carbohidratos en las estructuras subterráneas. De acuerdo a Dall Armellina (1996), aunque el método de control (uso de cadenas) favorecido en el área IDEVI disminuye la biomasa subterránea, probablemente produce una destrucción insuficiente del follaje sumergido, durante el tiempo suficiente, para producir efectos significativos en las reservas de carbohidratos en los rizomas. De hecho, el método probablemente favorece la propagación de especies como *P. illinoensis*, al dividir las plantas y permitir que los rizomas y fragmentos de tallo viables se muevan canal abajo.

En otros estudios se ha observado que cuando los canales de riego permanecen secos en el invierno, la combinación de estratificación con frío y desecación en el sedimento, resulta en un aumento de la brotación de los tubérculos, principal órgano de persistencia invernal, de *S. pectinata* (Van Wijk, 1989). El crecimiento inicial y la supervivencia de las plantas dependen del tamaño inicial de los tubérculos, como así también del tipo de sedimento (Spencer & Ksander, 1995).

Por otro lado, Bentivegna y otros (2019) observaron en el Valle Inferior del Rio Colorado que temperaturas de congelamiento dañaron el tejido de los tubérculos de *S. pectinata*, e incluso mataron a los tubérculos. Los tubérculos grandes son capaces de generar las plantas más grandes y emergen desde hasta 25 cm de profundidad; sin embargo, en los sitios más profundos generan plantas más pequeñas que los tubérculos superficiales. Para reducir el número de plantas futuras o para dar como resultado un tamaño más pequeño de plantas, los tubérculos deben exponerse a temperaturas de congelación o incorporarse más profundamente en el suelo. En condiciones con luz insuficiente, las nuevas plantas pueden permanecer como tubérculos por 14 días aproximadamente (van Vierssen et al., 1994).

*Myriophyllum quitense* tiene una reproducción principalmente vegetativa por medio de estolones o rizomas, además puede multiplicarse a través de yemas y autofragmentación (Smith et al., 2002).

La reproducción en *Cladophora* puede ser:

- Reproducción vegetativa:

La producción vegetativa se realiza mediante:

- Fragmentación: los filamentos se rompen en pequeños filamentos, cada fragmento puede dar lugar a una nueva planta.
- Tubérculos: Las células de los rizoides moribundos se llenan con reservas (como el almidón) dando lugar a los tubérculos. En condiciones favorables, estos tubérculos germinan y producen nuevas plantas.
- Akinetes: Los akinetes son cuerpos vegetativos. El protoplasto de la célula se vuelve redondo y de paredes gruesas y se conoce como akinete. Dichas estructuras se llenan de reservas de almidón cuando los niveles de nutrientes son bajos. Estas células permanecen inactivas hasta que las condiciones mejoran, cuando pueden desarrollarse y formar nuevos filamentos.

- Reproducción asexual

Se realiza mediante zoosporas. Las zoosporas generalmente se desarrollan en las células terminales de las ramas más finas. Una vez formadas se liberan en el agua, nadando mediante flagelos, que luego se establecen en las rocas u otros sustratos y dan nuevos filamentos.

- Reproducción sexual: Isógama.

Los isogametos se forman de la misma manera que se forman las zoosporas. Aquí las células madre pueden llamarse gametangia en lugar de zoosporangia. Después de su liberación se unen y se forma el cigoto. Pronto los flagelos se retraen y se secreta una pared alrededor del cigoto. Este cigoto germina inmediatamente y no tiene período de latencia.

#### b) Factores que inciden en el crecimiento

Hay diversos factores abióticos que tienen influencia sobre el crecimiento de la vegetación acuática, pudiéndose citar: la cantidad y calidad de luz que penetra en la columna de agua, la temperatura, la concentración de nutrientes disueltos, la disponibilidad de carbono inorgánico, el pH, la conductividad, la composición granulométrica y química del sustrato, la velocidad de la corriente, y las fluctuaciones en el nivel del agua, entre otros (Verhoeven et al., 1982).

En el siguiente cuadro se sintetiza información de diferentes fuentes bibliográficas en relación a factores que afectan al crecimiento de las especies encontradas, así como su uso y/o aprovechamiento.

	Nutrientes/Metales Pesados	Salinidad	pH	Alcalinidad	Luz	Usos
<i>S. striata</i>	P++ (CR=12-27mg/m <sup>2</sup> día) N+++ (CR=410mg/m <sup>2</sup> día)	Tolerancia intermedia			Tolerancia elevada a turbidez	
<i>S. pectinata</i>	P+ (CR=6,5mg/m <sup>2</sup> día) N++ (CR=72mg/m <sup>2</sup> día) Acumulación Zn, Pb, Cu Capacidad de desarrollar sus raíces en sedimentos con bajos niveles de oxígeno	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerancia intermedia a la turbidez	Suprime las floraciones de fitoplancton al tomar fósforo del agua (Stewart y Davies, 1986). Bioindicador de contaminación por metales pesados en cursos de agua (Whitton et al., 1981). Control de la erosión (Kantrud, 1990). Compost (Wersal y Madsen, 2012)
<i>S. filiformis</i>	N+ Acumulación de Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn				Tolerancia moderadamente buena a la poca disponibilidad de luz (Vermaat y Hootsmans, 1994).	
<i>P. illinoensis</i>	Tolerante a aguas con pocos nutrientes.	Tolerancia a niveles intermedios de salinidad (Scheffer, 1998)			Tolerancia a niveles intermedios de turbidez (Van den Berg et al., 1999; Van den Berg et al., 2003)	
<i>M. quitense</i>	P++ (CR=12mg/m <sup>2</sup> día)				Medianamente tolerante a la turbidez	Fitoestabilizadoras de metales pesados
<i>Cladophora sp.</i>	Favorecida por el aumento de nitrógeno (Dodds & Gullder, 1992). P+++, N++ Acumulación de Arsénico				Favorecida por niveles elevados de luminosidad (Dodds & Gullder, 1992)	Asociada con la contaminación por fosfatos. Se ha estudiado sus propiedades como aislante térmico y aplicada al diseño de objetos <sup>(1)</sup>

Figura 6. Factores que afectan al crecimiento, uso y aprovechamiento de las diferentes especies halladas en el relevamiento. += bajo, ++=medio, +++=alto, P=fósforo, N=nitrógeno, CR= Capacidad de remoción. (1) Disponible en <https://www.nirmeiri.com/page3>; <https://es.slideshare.net/RubnUlloaMontes/las-algas-55987067>

En relación al aprovechamiento de las especies observadas en el presente estudio se están evaluando en diferentes lugares para la producción de biogás. En otros trabajos se han propuesto como alimento para ganado (Wersal y Madsen, 2012), sin embargo, tienen un contenido muy bajo de materia seca entre 15 y 20%. En un estudio realizado en plantas acuáticas del lago Pellegrini, las mismas presentaron valores muy bajos de proteína (2% por debajo del 8% recomendado) por lo que se debe suplementar con otros productos. Pero se puede mencionar como uso.

## **Bibliografía**

BARRIONUEVO, M.E.; COPEL, W. J.; FLORES, L. B., DUSSI, M.C., CORREA, M.J.; DAGA, G.A. (2017). Caracterización de restos vegetales acuáticos para su uso en agricultura. En: Libro de Resúmenes del III Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental. Santa Fe, del 31 de julio al 3 de agosto 2017. ISBN: 978-987-46096-2-5

BENTIVEGNA, D.J.; TUCAT, G.; FERNÁNDEZ, O.A. (2019) Growth of *Stuckenia pectinata* under greenhouse and irrigation canal conditions in the lower valley of the Colorado River (Argentina). *Rev. FCA UNCUYO*, 51(2): 201-216.

BEZIC, C.; DALL´ARMELLINA, A.; GAJARDO O. (1996) Studies on vegetative production of *Potamogeton illinoensis* Morong in southern Argentina. *Hydrobiologica* 3140: 7-10

DALL ARMELLINA A.; BEZIC C. R.; GAJARDO, O. A. (1996) Propagation and Mechanical Control of *Potamogeton illinoensis* Morong in Irrigation Canals in Argentina. *J. Aquat. Plant Manage.* 34: 12-16. *J. Aquat. Plant Manage.* 34: 12-16

DOODS W.K & GUDDER D.A. (1992) The ecology of *Cladophora*. *J. Phycol.* 28: 415-427.

DU Z.Y.; WANG Q.F. (2016) Allopatric divergence of *Stuckenia filiformis* (Potamogetonaceae) on the Qinghai-Tibet plateau and its comparative phylogeography with *S. pectinate* in China. *Scientific Reports* 6:20883 DOI:10.1038/srep20883

GALINATO, M.I.; VAN DER VALK, A. G. (1986) Seed germination traits of annuals and emergent recruited during drawdowns in the Delta marsh, Manitoba, Can. *Aquat. Bot.* 26: 89-102.

HARGUINTEGUY C.A.; SCHREIBER R.; PIGNATA M.L. (2012). *Myriophyllum aquaticum* as a biomonitor of water heavy metal input related to agricultural activities in the Xanaes river (Córdoba, Argentina). *Ecological Indicators* 27: 8-16

HELLQUIST C.B.; THORNE R.F.; HAYNES R.R. (2012) *Stuckenia striata*, in Jepson Flora Project (eds.) *Jepson eFlora*, /eflora/eflora\_display.php?tid=80316

KANTRUD, H. A. (1990) *Sago Pondweed (Potamogeton pectinatus L.): A Literature Review*. United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service. Resource Publication. Washington DC. USA. 89 p. Madsen and Adams.

MURPHY, K.J. (1995) *Aquatic weeds*. *Encyclopedia of Env. Biology*, 1, pp. 71–80.

SABBATINI, M.R., MURPHY K.J. AND IRIGOYEN J.H. (1998) Vegetation–environment relationships in irrigation channel systems of southern Argentina. *Aquatic Botany* 60, 119–133.

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA Y LA SECRETARIA DE CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL (SENASA y SCyMA). (2019). Resolución Conjunta 01/2019. Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost. Publicada en el Boletín Nacional del 10 de enero de 2019. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692> .

SPENSER, D. F.; KSANDER, G. G. (1995) Influence of propagule size, soil fertility, and photoperiod on growth and propagule production by three species of submersed macrophytes. *Wetlands*. 15: 134-140.

VAN WIJK, R. J. (1988) Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. I General characteristics, biomass production and life cycles under field conditions. *Aquatic Botany*. 31: 211-258.

VAN WIJK, RJ (1989) Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. III. Reproductive strategies and germination ecology. *Aquatic Bot* 33:271–299 Verhoeven et al. (1982)

VERMAAT, J.E.; HOOTSMANS, M.J.M. (1994) Growth of *Potamogeton pectinatus* L. in a temperature–light gradient. In: van Vierssen, W., Hootsmans, M.J.M. Vermaat, J.E., Eds. , *Lake Veluwe, a Macrophyte-dominated System under Eutrophication Stress*. *Geobotany* 21. Kluwer Academic Press, pp. 40–61.

WERSAL, R. M.; MADSEN, J. D. (2012). *Aquatic plants their uses and risks. A review of the global status of aquatic plants*. Rome, Italy: FAO.

WEYL P. S. R.; COETZEE, J. A. (2013). An integrated remote sampling approach for aquatic invertebrates associated with submerged macrophytes. *African journal of aquatic science*, 38(3), 337-340.

YEO, R. R. (1965). Life History of Sago Pondweed. *Weeds* 13: 314-321.

## Capítulo IV

### CONCLUSIONES PRELIMINARES

#### Calidad del agua y malezas acuáticas

Distintos trabajos han demostrado que son dos los principales factores que regulan el crecimiento de las malezas acuáticas: luz y nutrientes (Acosta y Agüero, 2006). Respecto a la primera, en ambientes acuáticos la profundidad del agua y penetración de la luz determinan el crecimiento de las malezas. En relación a los nutrientes, los que más regulan el crecimiento de las plantas acuáticas son el carbono, el nitrógeno y el fósforo; de los tres el fósforo es considerado el que más influye, una pequeña adición de fósforo al agua resulta en un incremento considerable en la biomasa de las plantas.

Los resultados preliminares del presente trabajo no muestran una relación directa entre la composición y abundancia de especies con las variables de calidad de agua evaluadas. Por lo que podemos suponer que en la distribución de las diferentes especies de plantas acuáticas y algas filamentosas se vinculan a otros factores como condiciones de luminosidad, características del sustrato, velocidad de la corriente de agua, entre otras. Barko y otros autores (1986) señalan que las plantas acuáticas no crecen en aguas turbias o en aguas muy profundas donde la luz no puede llegar; sin embargo, algunas especies pueden crecer a una baja intensidad de luz, que puede ser hasta del 1 % respecto a la que ocurre sobre la superficie. Por otro lado, las plantas acuáticas con un sistema radicular requieren de un sustrato estable. En sustratos con mucha arena, la vegetación, por la acción del viento y la corriente se desprenden con facilidad. La arena, limo, arcilla y materia orgánica, son el mejor medio para el enraizamiento de malezas acuáticas; sustratos de rocas y gravas no favorecen el enraizamiento de las plantas, por la limitada fertilidad en el sedimento.

A partir de las observaciones realizadas en el presente trabajo, se requieren otras temporadas de muestreo a fin de evaluar los factores con mayor incidencia en la presencia de plantas y algas en el canal de riego.

Cabe destacar, que el alga filamentosa *Cladophora* sp se comportó como una especie oportunista, ya que ante las condiciones de turbidez su distribución abarco zonas donde en condiciones normales prevalecen las plantas acuáticas. Esto puede deberse a una mayor tolerancia a condiciones de menor luminosidad que las plantas acuáticas, y una mayor tasa de crecimiento aún en estas condiciones. Se deberán realizar más estudios para evaluar si en ausencia de plantas acuáticas esta especie ocupará ese nicho ocasionando nuevos problemas para su manejo en el sistema de riego.

#### Propuesta de manejo de plantas acuáticas: buenas prácticas

Durante todo el invierno se observó presencia de agua en el canal donde permanecen las plantas y las algas (figura 3) También se encuentran restos de plantas en las obras de arte y partes mecánicas de las usinas. Estos restos son parte del inoculo para la regeneración de material vegetal en el verano.

En las zonas revestidas se deberían remover los sedimentos para evitar el enraizamiento de las plantas acuáticas y algas filamentosas.

La limpieza del canal conlleva horas de esfuerzo y trabajo humano que podría mejorarse si se retirasen todos los residuos debido a que el viento puede volverlos al canal con lo cual se inicia un nuevo ciclo de la planta y el alga.

Lo mismo ocurre en las usinas donde las plantas vuelven al cauce del canal. En este punto lo recomendable sería depositarlas en un lugar seguro con cerramiento para evitar que caigan al canal y trasladarlas al lugar definitivo al final de la temporada para reducir al mínimo los gastos de traslado de materiales.



Figura 7. Imágenes del recorrido del canal en los meses de invierno.

## Gestión de las macrófitas extraídas del canal y usinas

La gestión de las macrófitas extraídas del canal requiere de un tratamiento similar al de la fracción verde de los residuos sólidos urbanos (cortes de césped, hojas, ramas, entre otros productos del mantenimiento de los espacios verdes públicos).

El manejo de los residuos de limpieza del canal consta de 7 funciones: Generación de residuos a partir del corte con cadenas u otro método; extracción manual y/o mecánica (usinas); acumulación y transporte, estas funciones suelen estar juntas si por ejemplo a medida que se extrae se colocan los restos en un camión o separadas si se acumulan y después se recogen; tratamiento las macrófitas, pueden ser depositadas en relleno sanitario, compostadas o ubicadas en algún lugar de la planta de tratamiento de RSU a cielo abierto. En este punto se debe cumplir la normativa establecida por cada municipio que es la autoridad de aplicación a cargo de las plantas de tratamiento.

Si no fuera posible llevarlas a las plantas municipales, los residuos del canal deberían depositarse en un lugar que cumpla con la normativa de cada lugar.

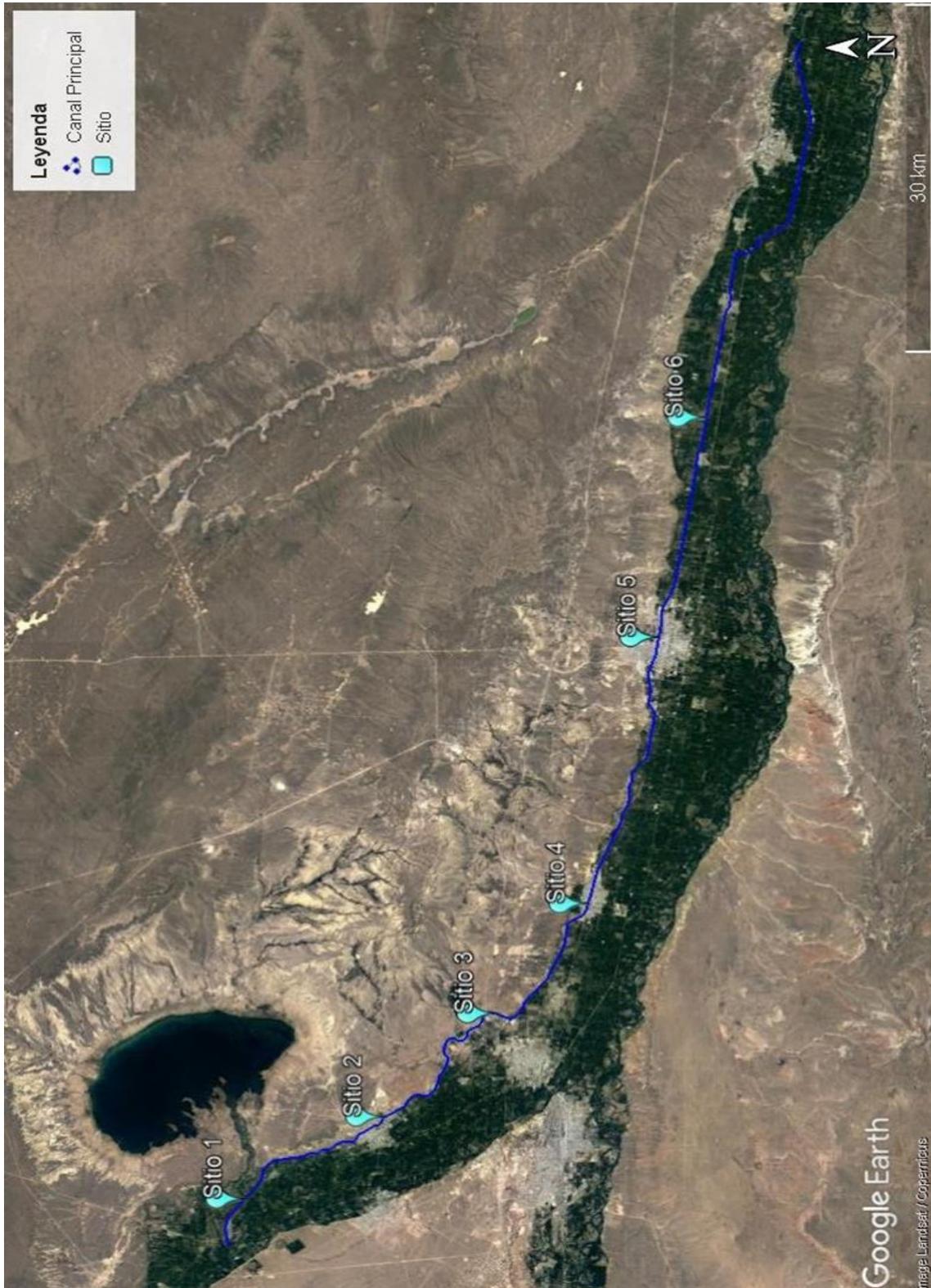
Una alternativa al relleno sanitario y acopio a cielo abierto lo constituye el compostaje que es un sistema de tratamiento regulado a nivel nacional por la Res. Conjunta 01/2019 del SENASA y SCyMA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria y la Secretaria de Control y Monitoreo Ambiental. (2019). El compostaje reduce el volumen inicial de residuos considerablemente y el producto es una enmienda orgánica llamada compost. Experiencias locales indican que las macrófitas podrían mezclarse con cama de pollo parrilleros o guanos de gallina ponedora para ser aprovechadas por los municipios en los espacios verdes y la agricultura urbana (Barrionuevo et al., 2017).

## **Bibliografía**

ACOSTA, L.; AGÜERO, R. (2006). Malezas acuáticas como componentes del ecosistema. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 213-219.

# Anexos

## Anexo 1: imagen de ubicación de los sitios muestreados



CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE

Informe temporada de riego 2019-2020

## Anexo 2: Informe de recorrida del día 12/07/19.

El día 12/07/2019 se realizó una recorrida de diagnóstico al Canal Principal de Riego en la zona del Alto Valle (CPRAV) con personal de la Delegación y Subdelegación de DPA, del INTA y de la AIC. Se realizaron mediciones *in situ* de variables básicas y colectaron muestras de agua, algas y material vegetal, para hacer una primera identificación de los grupos algales presentes y sustrato de crecimiento en el CPRAV.

### Sitios muestreados

En la tabla 11 se presenta la localización de los sitios donde se colectaron muestras de algas y sedimentos. En el anexo se presentan las imágenes satelitales de localización.

Tabla 11. Ubicación de los sitios muestreados.

Sitio	Latitud	Longitud
S1 "El 15"	38°44'14,6"	68°07'26,4"
S3 "Derivación Central Cipolletti"	38°54'34,2"	67°56'28,4"
S4 "Allen"	38°58'54,8"	67°47'50,2"

### Mediciones *in situ*

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos de las variables físico-químicas medidas *in situ*, en los sitios de colección de muestras.

Tabla 11. Mediciones *in situ* realizadas en los sitios de muestreo.

Variable	S1	S3	S4
T aire (°C)	2,5	9,5	
T agua (°C)	2,9	7,7	9,2
pH	8,6	8,8	8,8
CE (µS/cm)	319	703	3468
OD (µg/L)	7,0	12,5	17,6
OD (%)	56,2	107,4	154,4

Los valores registrados en el muestreo de diagnóstico (Tabla 10), en general se encuentran dentro de un rango esperado, destacándose sólo el alto valor de CE registrado en el sitio 4 (3468 µS/cm), evidenciando un ingreso de agua salada al Canal. Técnicos del DPA indagaron sobre esta situación, encontrando que se trató de una situación puntual, no permanente,

originada por un descalce de talud que levantó el tirante del Canal, generando el ingreso de agua salada al mismo.

### Análisis microscópico

En la tabla 13 se presentan las observaciones de campo realizadas durante la recorrida de julio de 2019, y los resultados obtenidos a partir del análisis microscópico de las muestras biológicas colectadas durante la misma.

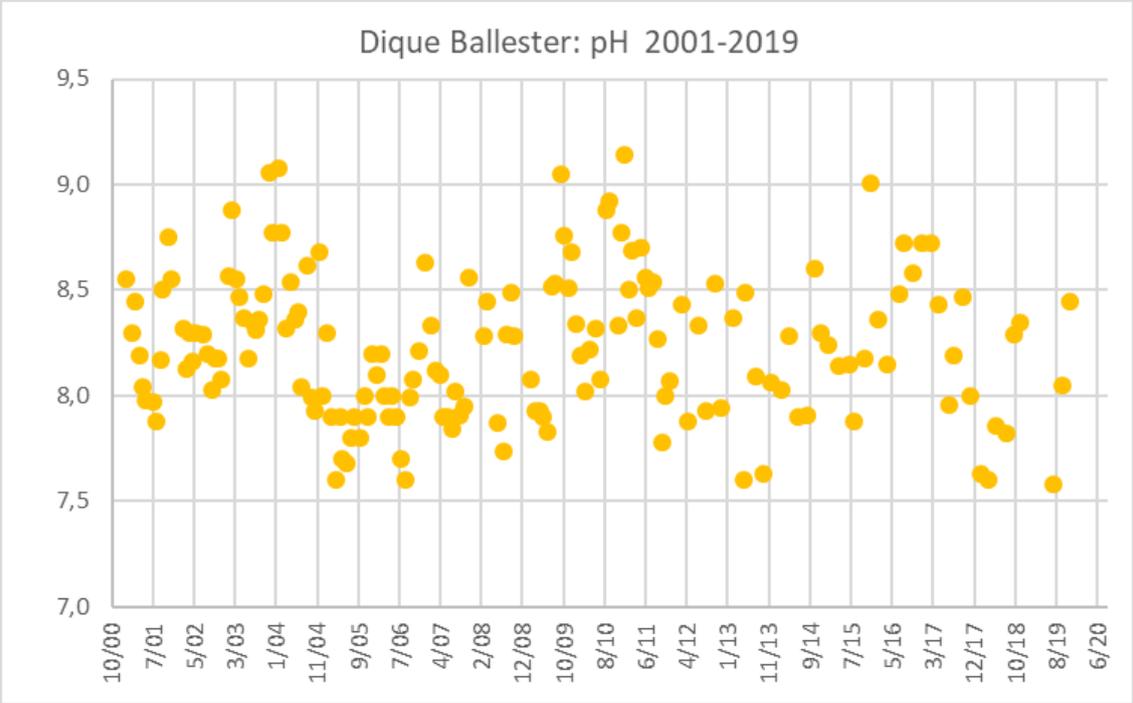
Tabla 12. Observaciones a campo y resultados del análisis microscópico realizadas sobre muestras colectadas en julio 2019.

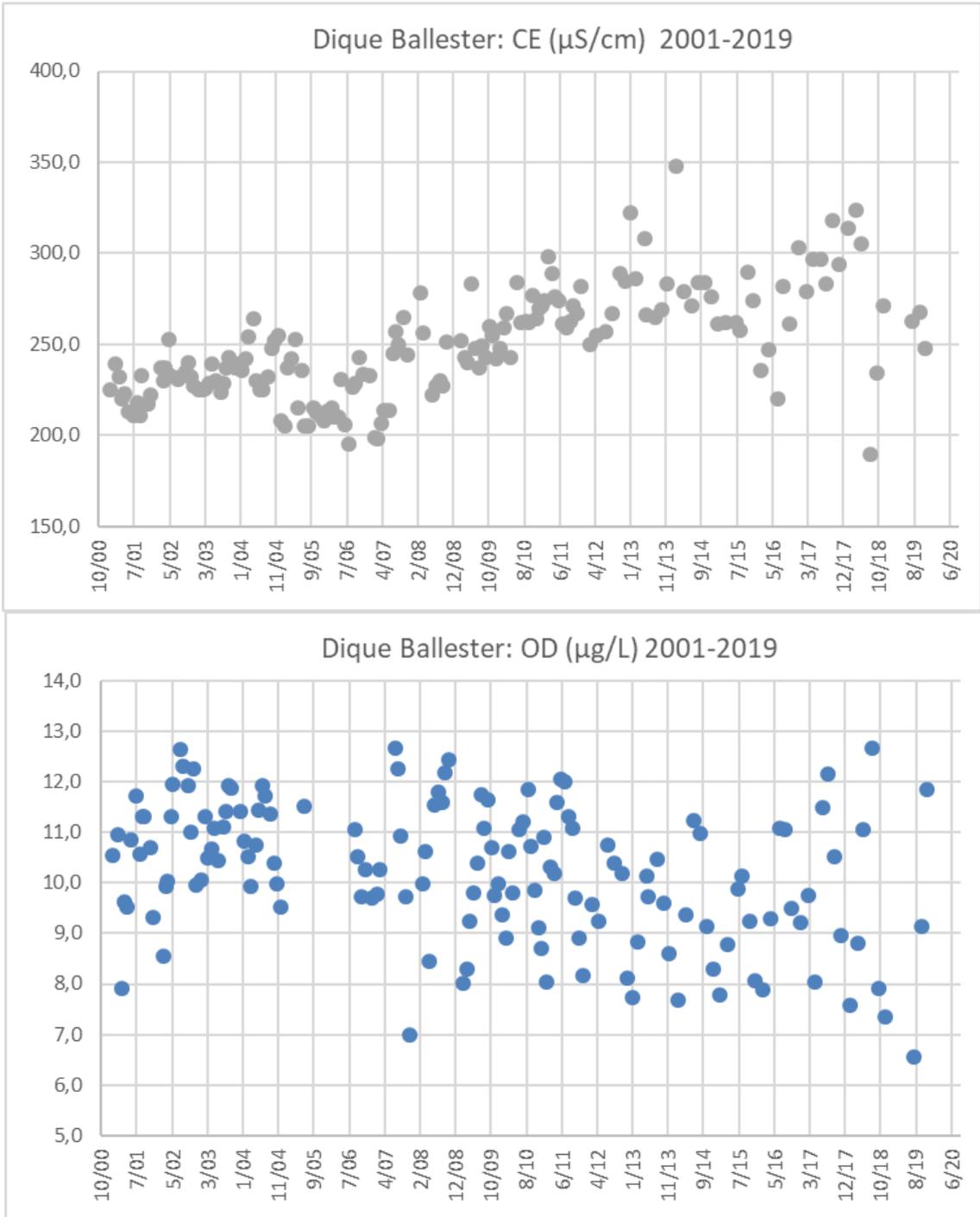
Variable	Sitio 1	Sitio 3	Sitio 4
Sustrato presente	Suelo natural fino	Suelo natural fino	Revestido hormigón
Macrófitas presentes*	Lama	Lama/baba de	Lama/baba de sapo
Grupo algal dominante	Planta vascular (a determinar) como sustrato para el crecimiento de <del>clorofitas</del> y diatomeas	<del>Clorofitas</del> ( <del>Cladophora sp.</del> ) y Diatomeas ( <del>Cymbella sp.</del> )	Diatomeas ( <del>Cymbella sp.</del> ) y <del>Cianofitas</del> ( <del>Nostoc sp.</del> )

\* Los resultados corresponden a la observación general (no taxativa) de la vegetación presente. El muestreo y análisis taxativo a cargo de la UNCo, no fue realizado durante este muestreo.

### Anexo 3: Registros históricos en Dique Ballester y análisis de tendencia de las variables.

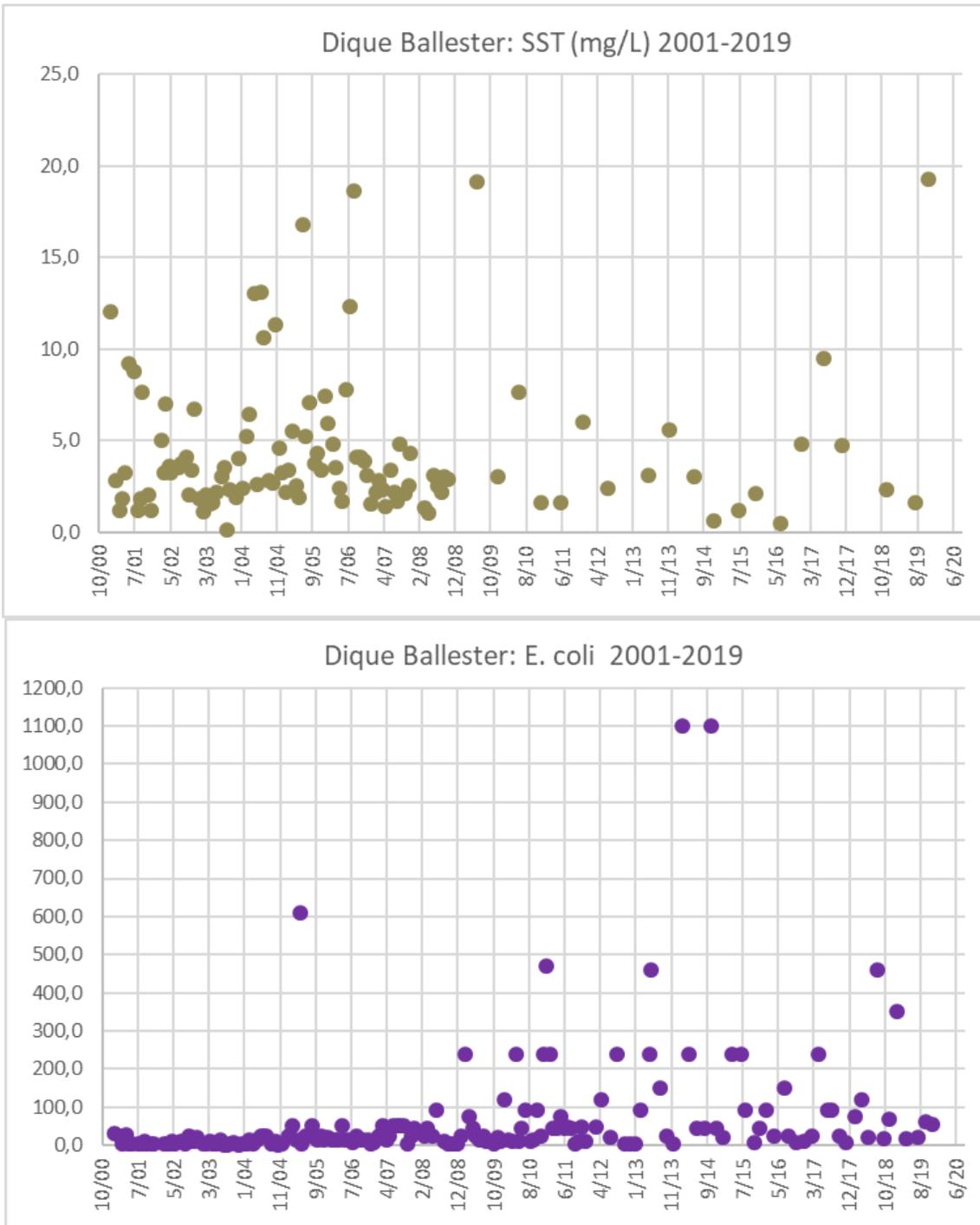
A continuación, se presentan los gráficos de los registros históricos (2001 – 2019) en el sitio de referencia de la AIC, localizado sobre el río Neuquén, aguas abajo del Dique Ballester.





**CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE**





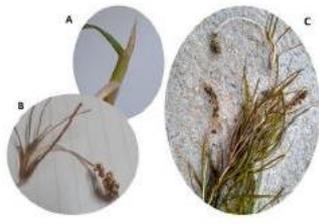
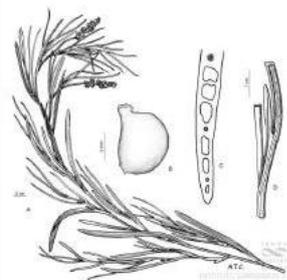
En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos al aplicar el coeficiente de Spearman, con el fin de evaluar si las variables registradas presentan una tendencia en el tiempo, en el período 2001 – 2019.

Tabla 14: resultados del análisis de tendencia (coeficiente de Spearman) calculado para las variables medidas en el Dique Ballester.

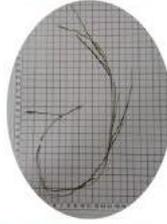
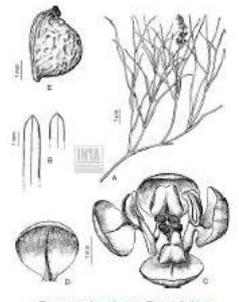
Variable	Coef. Spearman	p-valor	N	Tendencia
pH	-0,04	0,59	166	
CE	<b>0,69</b>	<b>0,00</b>	168	Alta
OD	<b>-0,36</b>	<b>0,00</b>	146	Baja (inversa)
PT	<b>0,40</b>	<b>0,00</b>	143	Baja
NT	<b>0,20</b>	<b>0,02</b>	143	Mínima
SST	-0,03	0,75	111	
E. coli	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	170	Moderado

Todas las variables analizadas, excepto pH y SST, presentaron una tendencia significativa ( $p < 0,05$ ), en distintos grados para el período 2001-2019 (resaltadas en rojo en la tabla 12). La CE fue la variable que presentó la mayor tendencia de incremento en el tiempo, seguida por la variable E. coli (moderada), en tanto los nutrientes mostraron una tendencia entre baja (PT) y mínima (NT). Finalmente, el OD fue la única variable que evidenció una tendencia de disminución, aunque resultó baja.

## Anexo 4: Fichas de las especies registradas en los muestreos.

<i>Stuckenia striata</i>		
<p>Monocotiledónea Orden: Alismatidae Familia: Potamogetonaceae Género: Stuckenia Especie: striata Habito: Hierba acuática, enraizada sumergida Perenne Status Nativa Referencias: Río Negro y Neuquén</p>	 <p>A y B detalle de la parte vegetativa; C y D parte reproductiva de la planta</p> <p>Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p>Stuckenia striata_NB</p> <p>Fuente: Instituto Darwinion</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego. Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.

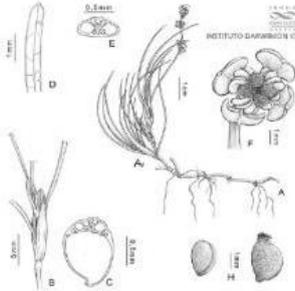
<i>Stuckenia pectinata</i>		
<p>Monocotiledónea Orden: Alismatidae Familia: Potamogetonaceae Género: Stuckenia Especie: pectinata Habito: Hierba acuática, enraizada y sumergida Perenne Status: Nativa Río Negro y Neuquén</p>	 <p>Detalle de la parte vegetativa de la planta</p> <p>Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p>Fuente: Instituto Darwinion</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego. Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



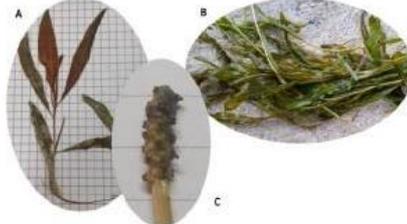
<i>Stuckenia filiformis</i>		
<p>Monocotiledónea Orden: Alismatidae Familia: Potamogetonaceae Género: Stuckenia Especie: pectinata Hábito: Hierba acuática, enraizada y sumergida Perenne Status: Nativa Río Negro y Neuquén</p>	 <p>Detalle de la parte vegetativa de la planta Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p>Fuente Instituto Darwinion</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego. Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



<i>Potamogeton illinoensis</i>		
<p>Monocotiledónea Orden: Alismatidae Familia: Potamogetonaceae Género: Potamogeton Especie: illinoensis Hábito: Hierba acuática, enraizada sumergida Perenne Status: Nativa Río Negro</p>	 <p>A y B detalle parte vegetativa, C parte reproductiva Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p>Fuente: IFAS 1997</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego. Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.

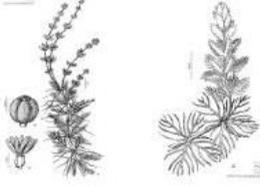
## CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE

Informe temporada de riego 2019-2020



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



<i>Myriophyllum quitense</i>		
<p>Dicotiledónea Orden: Saxifragales Familia: Haloragaceae Género: Myriophyllum Especie: quitense Habito: Hierba acuática, enraizada sumergida Perenne Status: Nativa Neuquén Río Negro</p>	 <p style="text-align: center;">Detalle de la parte vegetativa Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p style="text-align: center;">Fuente: Instituto Darwinion</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego, Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



<i>Cladophora glomerata</i>		
<p>División Chlorophyta Orden: Ulothrichales Género: Cladophora Especie: glomerata Algas verdes filamentosas Habito: Epilítica Se observa sobre piedras, paredes revestidas, ramas y sobre plantas acuáticas. Río Negro Neuquén</p>	 <p style="text-align: center;">Extracción con gancho del fondo del canal sin revestir y de piedras en la orilla. Fuente: Elaboración propia en base a muestreo 2020</p>	 <p style="text-align: center;">A algas filamentosas sobre pared de canal. B y C imagen al microscopio óptico (400x) de <i>Cladophora sp.</i> Se observa ramificación, pared celular lamelada y plasto reticulado.</p>

Relevamiento de plantas y algas en el canal principal de riego, Río Negro.  
Barrionuevo, M.E.; Bernardis, A.; Gittins, C.G.; Navarro, C.

## CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL CANAL PRINCIPAL DEL ALTO VALLE

Informe temporada de riego 2019-2020